

UNIVERSITE DU QUEBEC

MEMOIRE

PRESENTE A

L'UNIVERSITE DU QUEBEC A CHICOUTIMI

COMME EXIGENCE PARTIELLE

DE LA MAITRISE EN PRODUCTIVITE AQUATIQUE

PAR

SYLVAIN SAINT-GELAIS

B. Sc. en biologie

CULTURE DU SAUMON DE L'ATLANTIQUE Salmo salar
EN EAU SALEE DANS L'ESTUAIRE DU ST-LAURENT, QUEBEC (CANADA)
AVEC HIVERNAGE EN EAU DOUCE

JANVIER 1986



Mise en garde/Advice

Afin de rendre accessible au plus grand nombre le résultat des travaux de recherche menés par ses étudiants gradués et dans l'esprit des règles qui régissent le dépôt et la diffusion des mémoires et thèses produits dans cette Institution, **l'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC)** est fière de rendre accessible une version complète et gratuite de cette œuvre.

Motivated by a desire to make the results of its graduate students' research accessible to all, and in accordance with the rules governing the acceptance and diffusion of dissertations and theses in this Institution, the **Université du Québec à Chicoutimi (UQAC)** is proud to make a complete version of this work available at no cost to the reader.

L'auteur conserve néanmoins la propriété du droit d'auteur qui protège ce mémoire ou cette thèse. Ni le mémoire ou la thèse ni des extraits substantiels de ceux-ci ne peuvent être imprimés ou autrement reproduits sans son autorisation.

The author retains ownership of the copyright of this dissertation or thesis. Neither the dissertation or thesis, nor substantial extracts from it, may be printed or otherwise reproduced without the author's permission.

RESUME

Sur une bonne partie de la côte est du Canada, l'eau de mer est trop froide en hiver pour que le saumon de l'Atlantique Salmo salar y soit gardé continuellement en captivité. De plus, la présence de glaces dérivantes ne permet pas l'amarrage en hiver de cages flottantes pour l'élevage. Pour éviter ces problèmes, nous avons expérimenté une stratégie d'élevage qui consiste à placer les poissons en eau salée durant un premier été, à les transférer en eau douce pour l'hiver, puis à les retourner en eau salée pour un deuxième été.

Une première expérience d'hivernage a été réalisée avec des saumons de l'Atlantique et des ouananiches S. s. ouananiche qui furent placés dans des cages flottantes dans la rivière aux Outardes. Les résultats ont montré que les problèmes causés par les glaces peuvent être surmontés si on utilise des techniques relativement simples. Ces techniques sont l'utilisation d'une estacade de bois pour retenir les cages lors de la débacle au printemps et la pose de boîtes isolées dans les cages pour former une zone libre de glace pour le nourrissage.

Le taux instantané de croissance du saumon de l'Atlantique en eau douce l'hiver fut semblable à ceux de saumons élevés en mer. Celui des ouananiches fut cependant inférieur. La mortalité fut impossible à mesurer en raison des pertes importantes de poissons causées par des brèches dans les filets de plastique.

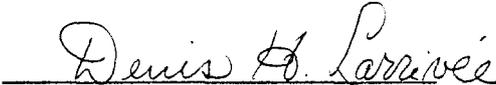
A l'été 1983, l'expérimentation de la stratégie complète a débuté par l'élevage d'un groupe de saumons de l'Atlantique en eau salée dans l'estuaire du St-Laurent. A l'hiver 1983-84, ces poissons ont été transférés dans la rivière aux Outardes, puis en pisciculture. Au printemps, ils ont été replacés en eau salée jusqu'à l'automne 1984. Durant l'été 1983, un autre groupe de saumons, provenant du même lot que le groupe expérimental, a été élevé en eau douce seulement pour servir de comparaison. Les saumons de ce groupe ont été placés dans les mêmes milieux que le groupe expérimental à partir de l'automne 1983.

A partir de poids moyen de 43 g, le groupe expérimental a atteint, après 17 mois, un poids moyen de 1,28 kg et un taux instantané de croissance en poids de $0,64 \text{ \%} \cdot \text{jour}^{-1}$. Le groupe de comparaison a atteint un poids inférieur, soit 1,00 kg.

Le transfert en eau douce pour l'hiver cause une décroissance limitée dans le temps ainsi qu'une mortalité faible. Durant l'expérience, aucun poisson n'a atteint la maturité sexuelle. La survie et les croissances relativement faibles des deux groupes, comparativement à d'autres élevages réalisés en mer seulement, peuvent s'expliquer par la sous-alimentation au début de l'expérience.

On conclut que l'élevage du saumon de l'Atlantique en eau salée selon une stratégie comportant un hivernage en eau douce est techniquement et biologiquement réalisable. On propose un modèle de ferme commerciale basée sur cette stratégie.


SYLVAIN SAINT-GELAIS


DENIS H. LARRIVEE

REMERCIEMENTS

Je remercie sincèrement tous ceux, qui de près ou de loin, m'ont aidé dans la réalisation de ce travail. Parmi ces personnes, tiennent une place particulière, mon directeur de recherche M. Denis H. Larrivée, mon épouse, Mme Chantale Bacon, et M. René Rhéaume, technicien de la faune et responsable des élevages durant mes absences. Je remercie également d'une façon spéciale MM. François Roberge, René Lesage, Serge Gonthier, Lucien Poirier, Robert Péloquin, Jean-Yves Antil et Mmes Sylvie Marceau et Chantale Dumas. Je remercie aussi chaleureusement mes beaux-parents, Jean-Louis et Maria Bacon, pour nous avoir logés et encouragés, ma famille et moi, durant plusieurs mois.

Cette recherche a été rendue possible grâce à l'apport de plusieurs organismes, notamment le ministère de l'Emploi et de l'Immigration du Canada (5119AH5), le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (UQCH-83-1045), le ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec, le Groupe Interuniversitaire de Recherche Océanographique du Québec ainsi que l'Université du Québec à Chicoutimi.

TABLE DES MATIERES

	page
RESUME.....	ii
REMERCIEMENTS.....	iv
TABLE DES MATIERES.....	v
LISTE DES FIGURES.....	vi
LISTE DES TABLEAUX.....	viii
CHAPITRE I INTRODUCTION GENERALE.....	1
CHAPITRE II HIVERNAGE EN RIVIERE DE SAUMONS DE L'ATLANTIQUE <u>Salmo salar</u> ET DE OUANANICHES <u>S. s. ouananiche</u>	8
2.1 Matériel et méthodes.....	9
2.1.1 Site d'élevage.....	9
2.1.2 Origine des saumoneaux.....	11
2.1.3 Cages et nourriture.....	11
2.1.4 Protocole expérimental et prise des données.....	17
2.2 Résultats et discussion.....	20
2.2.1 Environnement.....	20
2.2.2 Equipements.....	24
2.2.3 Croissance.....	27
2.2.4 Survie et état des poissons.....	31
2.2.5 Nourriture.....	33
CHAPITRE III CULTURE DU SAUMON DE L'ATLANTIQUE <u>Salmo salar</u> EN EAU SALEE DANS L'ESTUAIRE DU ST-LAURENT AVEC HIVERNAGE EN EAU DOUCE.....	35
3.1 Matériel et méthodes.....	36
3.1.1 Milieux d'élevage.....	36
3.1.2 Origine des saumoneaux.....	39
3.1.3 Cages et nourriture.....	40
3.1.4 Protocole expérimental et prise des données.....	43
3.2 Résultats et discussion.....	46
3.2.1 Environnement.....	46
3.2.2 Equipements.....	53
3.2.3 Croissance.....	53
3.2.4 Survie et état des poissons.....	60
3.2.5 Maturité sexuelle.....	64
3.2.6 Conversion de la nourriture en chair.....	67
CHAPITRE IV CONCLUSION GENERALE.....	74
BIBLIOGRAPHIE.....	77

LISTE DES FIGURES

	page
CHAPITRE II	
Figure 1: Localisation du site d'élevage.....	10
Figure 2: Situation des cages dans la rivière aux Outardes en été (a) et en hiver (b).....	13
Figure 3: Aménagement des ouvertures dans le grillage (a) et de la boîte isolée (b) pour le nourrissage des saumons.....	15
Figure 4: Estacade de bois utilisée pour retenir les glaces entourant les cages après construction (a) et au printemps (b).....	16
CHAPITRE III	
Figure 1: Localisation des sites d'élevage.....	37
Figure 2: Vue de l'anse St-Pancrace (a) et des cages d'élevage (b)..	38
Figure 3: Plan d'une cage et situation dans l'anse St-Pancrace.....	41
Figure 4: Moyennes mensuelles de la température et de la salinité de l'eau à l'anse St-Pancrace en 1983 et 1984.....	47
Figure 5: Moyennes mensuelles de la température de l'eau dans les milieux d'élevage.....	48
Figure 6: Comparaison des températures de l'eau dans différents sites expérimentaux d'élevage du saumon de l'Atlantique.....	50
Figure 7: Variations de la température, 1- rivière aux Outardes, le 4 octobre 1983, 2- anse St-Pancrace, le 2 octobre 1983, et de la salinité, 3- anse St-Pancrace, le 2 octobre 1983 à 1 m de profondeur.....	51
Figure 8: Poids moyens des saumons de l'Atlantique et intervalles de confiance à 95 %.....	54
Figure 9: Taux instantanés de croissance en poids des saumons de l'Atlantique.....	59
Figure 10: A) Survie des saumons de l'Atlantique durant toute la période expérimentale. B) Survie du groupe expérimental après le transfert en eau douce.....	61

Figure 11: Facteurs de condition moyens des saumons de l'Atlantique et intervalles de confiance à 95 %.....	62
Figure 12: Apparence des saumons (a) et couleur de la chair (b) à la fin de l'expérience.....	70
Figure 13: Modèle proposé de ferme commerciale pour les salmonidés en eau salée et en eau douce, anse St-Pancrace, Québec.....	75

LISTE DES TABLEAUX

page

CHAPITRE II

Tableau 1:	Caractéristiques des saumons de l'Atlantique et des ouananiches mis en cage à l'automne 1982 dans la rivière aux Outardes.....	12
Tableau 2:	Composition de la nourriture entière et du supplément vitaminé donnés aux poissons expérimentaux.....	18
Tableau 3:	Résumé statistique de la température de l'eau de surface au site d'élevage de la rivière aux Outardes.....	21
Tableau 4:	Croissance en poids et en longueur et facteurs de condition des saumons de l'Atlantique et des ouananiches durant l'hivernage en eau douce.....	28
Tableau 5:	Taux instantanés de croissance (T.I.C.) en poids et variation des facteurs de condition des saumons de l'Atlantique dans différents milieux d'élevage.....	29

CHAPITRE III

Tableau 1:	Formules des différents types de nourriture du saumon de l'Atlantique utilisés durant l'expérience.....	42
Tableau 2:	Croissance en poids et en longueur des saumons de l'Atlantique.....	55
Tableau 3:	Poids des gonades et indices gonado-somatiques (I.G.S.) des saumons de l'Atlantique à la fin de l'expérience.....	65
Tableau 4:	Rapports de conversion de la nourriture en chair des saumons de l'Atlantique.....	68

CHAPITRE I

INTRODUCTION GENERALE

CHAPITRE I
INTRODUCTION GENERALE

La production mondiale du saumon de l'Atlantique Salmo salar en aquaculture a connu une augmentation prodigieuse depuis une dizaine d'année. En Norvège, par exemple, la production de 1973 était de 275 tonnes métriques (T.M.), tandis qu'elle dépassait 1 500 T.M. en 1975. En 1983, elle atteignait 22 703 T.M. (Conseil des Sciences du Canada, 1985), ce qui représentait 12 fois la capture de saumon par la pêche dans ce pays, (Brown, 1983).

Au Canada, la production aquacole du saumon de l'Atlantique pour fin commerciale a suivi les expériences de Sutterlin, Henderson, Merrill, Saunders et MacKay (1981) à Deer Island au Nouveau-Brunswick. Cette étude a fait ressortir la possibilité technique de la culture du saumon de l'Atlantique dans certaines zones de la côte est du Canada. On y a même obtenu une récolte où le poids moyen des poissons était supérieur à ceux rapportés par certaines fermes commerciales norvégiennes. Cette expérience a été un point tournant pour l'industrie de l'aquaculture du saumon dans l'est du Canada. En 1983 par exemple, deux ans seulement après la publication des résultats, 400 T.M. de saumons de l'Atlantique étaient produits au Nouveau-Brunswick. On y prévoit une production de 3 000 T.M. pour 1990 (Wood, 1984).

Dans les pays comme la Norvège et l'Écosse ou encore dans certaines zones de la côte est du Canada, le développement des techniques de culture du saumon de l'Atlantique en mer fut relativement facile. En fait, ces régions jouissent d'eaux marines superficielles qui conservent pendant toute l'année des températures adéquates pour la survie de ce salmonidé. Dans l'est du Canada plus particulièrement, les zones propices à l'élevage à l'année longue, se situent selon Anderson et Associates (1980) dans la baie de Fundy et dans le sud de la Nouvelle-Écosse. Dans la plupart des autres régions côtières de l'est du Canada, les basses températures hivernales de l'eau de mer ne permettent pas l'élevage de salmonidés pendant toute l'année. Par exemple, l'eau du golfe du St-Laurent atteint en hiver des minimums de -1.8°C (Lauzier & Marcotte, 1965), tandis que la température minimale létale pour les juvéniles de saumons de l'Atlantique est de -0.7°C (Saunders, Muise et Henderson, 1975). Ces basses températures d'hiver sont dues essentiellement aux vents froids de l'ouest. La région du golfe et de l'estuaire du St-Laurent est d'ailleurs une des zones marines du monde qui subissent les plus grandes variations annuelles de température, soit près de 18°C , (Ivanoff, 1972). De plus, cette région marine est encombrée à différents degrés de glaces dérivantes et fixes (El-Sabh, 1979) qui permettent difficilement l'amarrage de structures légères comme des cages flottantes ou encore la construction d'enclos fixes dans la zone littorale. Dans ces conditions, on ne peut donc utiliser intégralement les méthodes d'élevage du saumon développées ailleurs.

Si on désire faire l'élevage de salmonidés en eau salée pendant plus d'une saison estivale, on doit alors trouver une méthode permettant d'éviter les facteurs destructifs tels que les températures létales et la présence de glace. Un moyen possible est de réacclimater les poissons à l'eau douce pour la durée des mois les plus froids.

On sait qu'il est naturel chez les salmonidés anadromes de réintégrer l'eau douce pour leur migration de reproduction. Cependant comme Anderson and Associates (1980), nous n'avons pas trouvé dans la littérature, au moment de débiter notre travail, d'expérience faisant état d'un transfert de l'eau salée à l'eau douce de saumon de l'Atlantique, immature sexuellement. Ces derniers notent cependant, que dans les années 1950, un groupe de saumons en remontée tardive ont été gardé dans un bassin d'eau douce pendant tout l'hiver. Les poissons n'ont pas été soignés et le taux de survie au printemps suivant était très bon, soit approximativement 95 %.

D'autres données permettent de croire qu'un transfert de l'eau salée à l'eau douce de post-saumoneaux, immatures sexuellement, est réalisable au point de vue biologique. On mentionne, par exemple (Sedgwick, 1982), que lorsque des saumons de l'Atlantique, élevés en eau salée, sont infestés par le copépode parasite Lepeoohtheirus sp., les traitements sont donnés en eau douce. Par conséquent, un tel transfert, du moins pour une courte période, est certainement réalisable. On ne connaît cependant pas les réactions des saumons durant leur séjour en eau douce.

Baker (1975), dans une expérience pilote d'élevage de saumon de l'Atlantique, note que l'hivernage en eau salée sur la côte est de la Nouvelle-Ecosse apparaît risqué et impraticable. Il mentionne cependant la possibilité de réacclimater les saumons à l'eau douce pour la durée de l'hiver.

Les résultats d'autres recherches suggèrent aussi qu'il est possible et souhaitable de transférer les salmonidés en eau douce pour l'hiver. Brett et Alderdice (1958) proposent, d'après les travaux d'Andrews et Lear (1956), que l'omble chevalier Salvelinus alpinus pénètre dans les eaux douces des embouchures des rivières lorsque la température de l'eau de mer risque d'amener la congélation de ses liquides corporels. En fait, lorsque la température de l'air ambiant descend sous 0°C, la congélation de la surface des rivières et des lacs isole les couches d'eau sous-jacentes et permet à celle-ci de ne pas geler. Ce phénomène crée ainsi un milieu adéquat à la survie des salmonidés. Une étude de Saunders et Henderson (1969) permet de penser qu'un transfert de saumon de l'Atlantique en eau douce l'hiver serait favorable à leur croissance. En effet, ils concluent de leur étude que la salinité optimale pour la croissance varie avec la saison. La physiologie du saumon favoriserait la croissance en eau de mer durant le printemps et l'été, et en eau douce durant l'automne et l'hiver. Selon Hoar (1965), ces changements cycliques seraient régis par un contrôle hormonal provenant de la glande pituitaire. La photopériode et la température sont les deux paramètres qui contrôleraient ce cycle.

Plusieurs travaux font état de phénomènes résultant du passage des salmonidés du milieu d'eau douce au milieu d'eau salée. Des revues récentes de la littérature sur ce sujet ont été réalisées par Folmar et Dickhoff (1980) et par Wedemeyer, Saunders et Clarke (1980). Cependant, aucune étude relative au retour de salmonidés en eau douce à partir de l'eau salée n'a pu être trouvée dans la littérature. Seule une étude sur un autre poisson euryhalin, l'anguille japonaise Anquilla japonica (Utida & Hirano, 1973), décrit quelques phénomènes physiologiques observés lors du retour en eau douce. Elle nous éclaire sur les effets à court terme d'un retour en eau douce de poissons migrateurs, mais n'apporte aucune information sur les effets à long terme.

Dans un élevage commercial, il est important de connaître les conséquences d'un transfert en eau douce sur la croissance, les taux de survie et le comportement des poissons qui sont changés de milieu. Il est aussi primordial d'être techniquement en mesure d'effectuer le transfert en eau douce et de conserver les poissons en bonne santé durant l'hiver. On doit aussi connaître le potentiel de croissance et de survie des poissons durant un cycle complet d'élevage.

Un des objectifs de ce travail de maîtrise est donc d'évaluer la faisabilité technique d'une stratégie d'élevage pouvant s'appliquer à l'échelle commerciale. Une telle stratégie débute par une première saison estivale en eau salée suivie d'un transfert et d'un hivernage en eau douce. Le cycle se termine par une réintroduction en eau salée pour toute la durée d'une deuxième saison estivale. Cette stratégie nous

permettra d'éviter les températures létales et les effets négatifs des glaces sur les structures de rétention des poissons. Elle offre aussi la possibilité de profiter du préférendum physiologique saisonnier des salmonidés tel que décrit par Saunders et Henderson (1969).

Un autre objectif est d'évaluer la croissance, le taux de survie, les variations des facteurs de condition, ainsi que les taux de transformation alimentaire de saumons de l'Atlantique élevés selon cette stratégie.

L'expérience qui devait débiter au printemps 1982 ne fut prête à démarrer qu'à l'automne de la même année. Nous avons alors décidé d'expérimenter immédiatement les techniques d'hivernage en cages en eau douce, et de reporter la première saison d'élevage en eau salée au printemps suivant.

Cette première expérience constitue en elle-même une phase de l'expérimentation de la stratégie d'élevage. Elle est cependant traitée séparément car elle fut isolée dans le temps et les poissons utilisés dans l'expérience subséquente étaient différents. Au printemps 1983, l'expérimentation de la stratégie d'élevage proprement dite démarra, et fut complétée à l'automne 1984.

Le deuxième chapitre de ce mémoire est donc consacré aux travaux effectués en 1982-83 en eau douce seulement. Le troisième chapitre porte sur l'expérimentation de la stratégie d'élevage réalisée en 1983-84.

CHAPITRE II

HIVERNAGE EN RIVIERE DE SAUMONS DE L'ATLANTIQUE *Salmo salar* ET DE
OUANANICHES *S. s. ouananiche*

CHAPITRE II

HIVERNAGE EN RIVIERE DE SAUMONS DE L'ATLANTIQUE *Salmo salar* ET DE OUANANICHES *S. s. ouananiche*

2.1 MATERIEL ET METHODES

2.1.1 Site d'élevage

Le site choisi pour l'hivernage en eau douce est une petite baie située à l'embouchure de la rivière aux Outardes ($49^{\circ} 08' 14''$ N, $68^{\circ} 22' 30''$ W) (figure 1). L'endroit est très bien protégé des vents et malgré la proximité de l'estuaire du St-Laurent, l'eau y est complètement douce. La qualité de l'eau n'y est pas altérée par la pollution, car le bassin versant de la rivière aux Outardes ne supporte aucune population humaine résidente. L'eau de la rivière est, de plus, utilisée comme source d'eau potable par la municipalité de Chutes-aux-Outardes. La profondeur de 13 m, les marées d'une amplitude de 4 m environ ainsi que le courant rapide de la rivière permettaient des changements d'eau continus dans les cages d'élevage. De plus, le fond de gravier très propre et sans vase est révélateur de courants importants en profondeur.

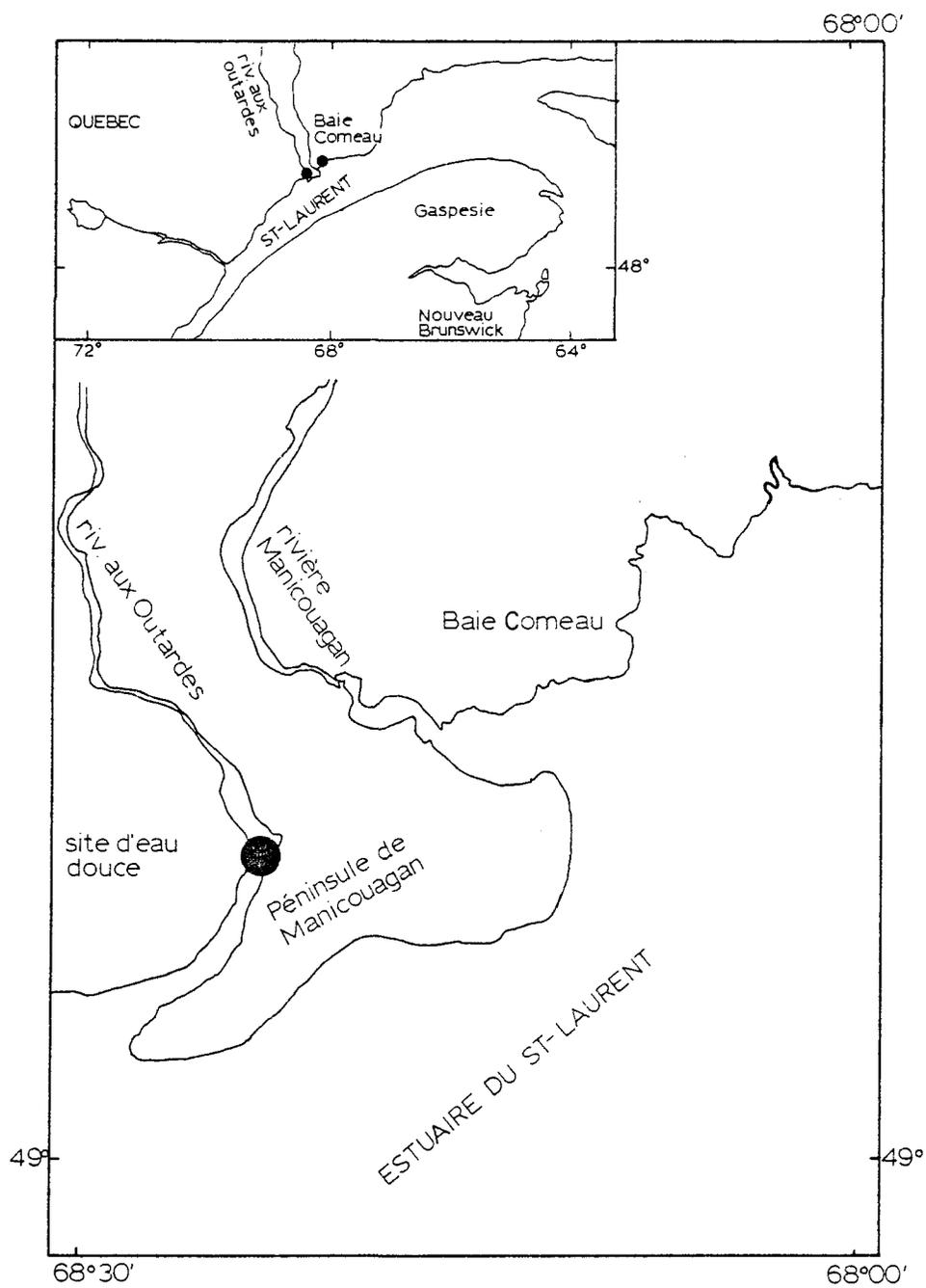


Figure 1 Localisation du site d'élevage.

Le site est accessible par eau et est situé à environ 200 m d'un chemin carrossable en été seulement. D'autre part, il se trouve dans une zone peu fréquentée par les embarcations en raison de la centrale hydroélectrique Outarde II qui ferme la rivière et forme un cul-de-sac pour la navigation.

2.1.2 Origine des saumoneaux

Les saumons de l'Atlantique Salmo salar utilisés durant cette expérience provenaient de la pisciculture de l'Anse Pleureuse, propriété du ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec et située près de Gaspé, Québec. Des ouananiches Salmo salar ouananiche furent achetées de la pisciculture à l'Eau Claire de St-Alexis des Monts, Québec. Le tableau 1 présente les caractéristiques de chacun des groupes.

2.1.3 Cages et nourriture

Les cages utilisées étaient de type norvégien aussi appelées Grøntvedt (Edward, 1978). Elles furent construites aux ateliers de l'Université du Québec à Chicoutimi selon la description de Møller (1976). Les deux cages avaient chacune 6 m de largeur et étaient mouillées côte à côte dans la rivière (figure 2).

TABLEAU 1

Caractéristiques des saumons de l'Atlantique et des ouananiches mis en cage à l'automne 1982 dans la rivière aux Outardes

Espèce et origine	Mise en cages		Age	Longueur à la fourche moyenne ^b		Poids moyen	
	Date	Nombres ^a (n)		(mm)	ET	(g)	ET
<u>S. salar</u> Rivière Madeleine, Québec	1982 sept.23	250 ^a (9)	1+	145	-	51	-
<u>S. salar</u> Rivière Matane, Québec	1982 sept.23	705 ^a (67)	3+	351	-	445	-
<u>S. salar</u> <u>ouananiche</u> Lac Victor, Québec	1982 nov.3	441 ^a (31)	1+	116	11	20	5

^a : Nombre de poissons pesés et mesurés.

^b : Ecart-type.



(a)



(b)

Figure 2 Situation des cages dans la rivière aux Outardes en été (a) et en hiver (b).

Les filets utilisés étaient fabriqués de plastique extrudé. Les mailles de forme carrée étaient de 8 mm de côté et le fil de plastique de 1 mm de diamètre environ. Ces filets étaient fixés à l'extérieur du collier flottant à quelques centimètres au-dessus du niveau de l'eau. Ils formaient des poches de 3,5 m de profondeur. Le volume utilisable de chaque cage était de 96 m^3 environ.

Des grillages métalliques galvanisés, à mailles hexagonales de 2,5 cm (1 pouce) de largeur, étaient utilisés pour former une clôture de 1,18 m de haut autour des cages et recouvrir l'ensemble de l'ouverture créée par le collier flottant. Dans ces grillages, étaient ménagés deux portes de 1,83 m X 0,92 m (6 X 4 pieds) qui pouvaient être cadenassées, (figure 3). Elles servaient à nourrir et soigner les poissons.

Durant l'hiver, le site se recouvre complètement de glace sauf à la sortie d'eau provenant du canal de fuite de la centrale hydro-électrique Outardes II. Le nourrissage devenait très pénible, car il fallait briser quotidiennement jusqu'à 12 cm de glace. Nous avons donc aménagé des boîtes sans fond de 1,22 m X 0,61 m (4 X 2 pieds), munies d'un couvercle isolé, dans chacune des cages (figure 3). De plus, pour prévenir la dérive des cages avec les glaces au printemps, nous avons construit une estacade autour des cages (figure 4). Cette structure était constituée de billots d'épinette de 4,9 m (16 pieds) de long et d'un diamètre minimum de 35 cm, percés aux extrémités et rattachés par des câbles d'acier de 1.58 cm (5/8 pouce) de diamètre. L'ensemble était rattaché avec le même câble à des ancrages coulés dans le plomb sur le rivage.



(a)



(b)

Figure 3 Aménagements des ouvertures dans le grillage (a) et de la boîte isolée (b) pour le nourrissage des saumons.

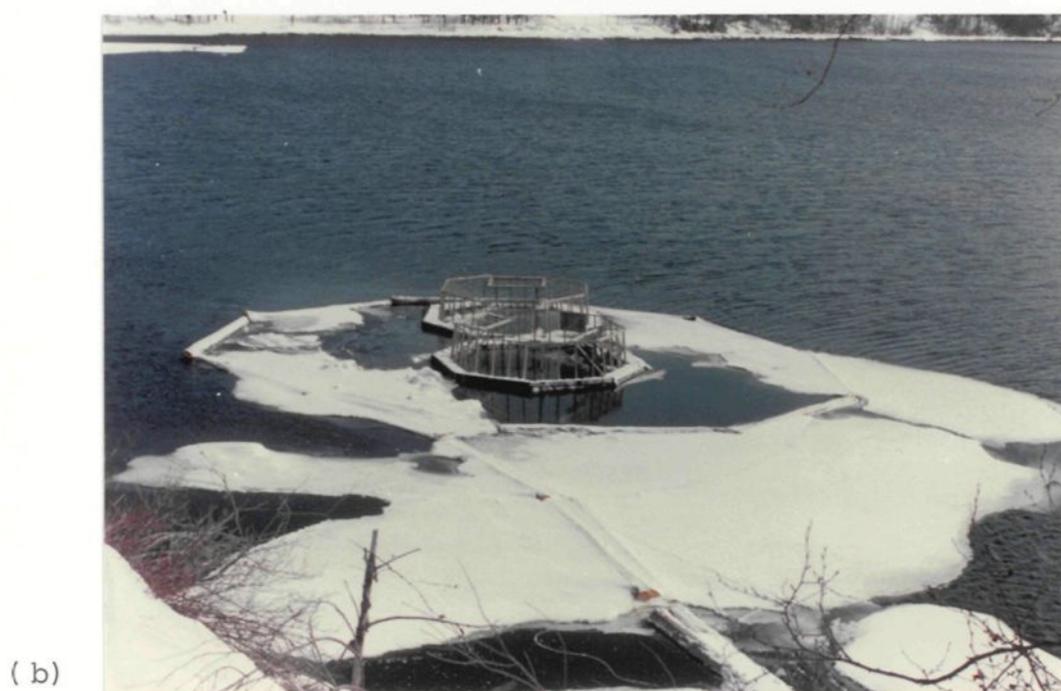


Figure 4 Estacade de bois utilisée pour retenir les glaces entourant les cages, après sa construction (a) et au printemps (b).

La nourriture offerte aux poissons était composée de 75 % en poids de capelan Mallotus villosus haché et de 25 % de supplément vitaminé fabriqué par Fortamix Ltée de Chambly, Québec. Les compositions de la nourriture entière et du supplément sont données au tableau 2. Le nourrissage, qui débuta le lendemain de l'arrivée de chacun des groupes de poissons, s'effectuait à la main selon les proportions suggérées pour la truite arc-en-ciel Salmo gairdneri en eau douce (Conseil des productions animales du Québec, 1982). Les quantités étaient cependant majorées de 50 % pour tenir compte de la présence d'eau. La nourriture était pesée à chaque nourrissage et correspondait à 1,4 % du poids des poissons au début de l'expérience. Les animaux étaient nourris deux fois par jour du 25 septembre 1982 au 7 novembre 1982, puis une seule fois par jour jusqu'au 9 mars 1983.

2.1.4 Protocole expérimental et prise des données

L'expérience débuta le 24 septembre 1982 par la mise dans une même cage des deux groupes de saumons de l'Atlantique. Le 3 novembre 1982, nous avons reçu les ouananiches qui furent aussitôt placées dans une autre cage. A leur arrivée, les poissons étaient comptés et un échantillon pesé et mesuré.

Le 9 mars 1983, les saumons furent de nouveau comptés et un échantillon pesé et mesuré. Immédiatement après la prise des données, tous les poissons dans cette cage prirent la fuite par une brèche dans le

TABLEAU 2

Composition de la nourriture entière et du supplément vitaminé donné aux poissons expérimentaux

Ingrédient	Pourcentage
Nourriture entière	
Capelan haché	75 %
<u>Mallotus villosus</u>	
Supplément vitaminé	25 %
Supplément vitaminé ^a	
Farine de blé (wheat middling)	67.81 %
Gluten de maïs fin	25.52 %
Primex (vitamines et minéraux)	4.47 %
Chlorure de choline	1.60 %
Pigment (carophyle red)	0.60 %

^a : Composition fournie par le fabricant, Fortamix Ltée, Chambly, Québec.

filet. Le même jour, un échantillon de ouananiche a été pesé et mesuré. Peu après, une ouverture dans le filet conduisit à la fuite de toutes les ouananiches. Cette expérience fut alors terminée.

La température était mesurée quotidiennement. Les instruments utilisés étaient un thermomètre à colonne de mercure et un salinomètre Yellow Spring Instrument (YSI) modèle 33. Les analyses physico-chimiques étaient réalisées à l'aide de trousseaux d'analyse Spectrokit de Bausch & Lomb et d'un pH-mètre Fisher Acumet, modèle 630.

Les résultats d'autres analyses réalisées à ce site d'élevage durant une expérience subséquente sont reportées dans ce chapitre. Il s'agit des mesures de courant, de l'azote gazeux et de l'oxygène dissous effectuées au mois d'octobre 1983. Les appareils utilisés étaient un courantomètre Gurley, un tensiomètre de Novatech Designs, et un oxymètre YSI, modèle 58.

Les taux instantanés de croissance (T.I.C) furent calculés selon la formule de Sutterlin et al., (1981). La condition corporelle fut évaluée par le facteur de condition de Fulton (Riker, 1980).

2.2 RESULTATS ET DISCUSSION

2.2.1 Environnement

On notera au tableau 3, que la température moyenne de l'eau de surface de la rivière aux Outardes est très stable et très basse en hiver. De plus, selon des mesures de température prises en 1983 à différentes profondeurs, elle est très homogène. Une différence maximale de 0,6 °C fut enregistrée entre la surface et la profondeur de 6 m durant la période de mai à septembre 1983. Il n'y a donc pas de thermocline dans ces eaux en hiver comme en été, ce qui révèle un important brassage de toute la colonne d'eau.

Malgré les basses températures du milieu durant l'hiver, les poissons ont continué à se nourrir et à croître. C'est donc une indication que la température de l'eau douce en milieu naturel, sous notre climat, est adéquate pour l'élevage des salmonidés.

Les premières glaces apparurent dans la rivière le 19 novembre 1982. Le 8 décembre, toute la baie était couverte. La glace mesurait 45 cm d'épaisseur le 16 février 1983. Au premier réchauffement du printemps, les glaces ont commencé à dériver, de telle sorte que la baie était complètement libre le 27 mars 1983.

La glace est le problème le plus sérieux rencontré durant l'hivernage en eau douce. Elle empêche pendant un peu plus de quatre mois

TABLEAU 3

Résumé statistique de la température de l'eau de surface au site d'élevage de la rivière aux Outardes

Mois	Observations (n)	Moyenne ° (C)	^a	MAX. ° (C)	MIN. ° (C)
			<u>ET</u> ° (C)		
sept. 82	7	11,86	0,38	12,5	11,5
oct. 82	10	9,50	0,67	10,5	9,0
nov. 82	29	4,00	2,47	7,0	0,2
dec. 82	9	0,57	0,42	1,1	0,2
jan. 83	1	0,40	-	0,4	0,4
fev. 83	9	0,41	0,03	0,5	0,4

^a
: Ecart-type

l'observation directe des poissons et des équipements submergés. Sa grande épaisseur a rendu le nourrissage très difficile. De plus, la débâcle du printemps risque d'entraîner les cages d'élevage. Ces problèmes ne sont cependant pas insurmontables. En effet, les équipements développés dans cette étude nous ont permis d'opérer le site d'élevage durant toute cette période.

L'alcalinité de l'eau de la rivière aux Outardes est très faible et caractéristique des eaux du Bouclier Canadien. Elle varie entre 2 et 20 ug/l de CaCO_3 . Le pH fluctue entre 6 et 7,2.

A l'automne 1983, lors d'une autre expérience d'élevage au même endroit¹, une mesure de l'azote gazeux dissous indiquait 106 % de saturation pour une teneur de 20,5 mg/l. L'oxygène dissous, au même moment, était à 111 % de saturation, soit une teneur de 19,5 mg/l à 8,6 C. Ce taux de saturation d'azote, même s'il est plus élevé qu'à l'équilibre, est quand même en-dessous du niveau de 115 % où le saumon chinook Oncorhynchus tshawytscha et la truite arc-en-ciel anadrome Salmo gairdneri, subissent des mortalités significatives, (United State Environmental Protection Agency [USEPA], 1976). C'est aussi une saturation inférieure à celle de 120 % mentionnée par MacDonald et Hyatt (1973) et qui a entraîné une mortalité massive de saumons de l'Atlantique par la maladie des bulles de gaz, "Gas Bubble disease". Dans notre expérience, nous n'avons jamais reconnu les symptômes de la maladie des bulles de

1: Voir chapitre III

gaz. Nous avons cependant remarqué que certains poissons nageaient brusquement et de façon désordonnée sur le côté, puis revenaient aussi rapidement à une nage normale. Ce comportement correspond à celui de l'aloise Brevoortia sp., placée expérimentalement à 105 % de saturation d'azote (USEPA, 1976).

On mentionne aussi dans cette expérience sur les aloses qu'elles devenaient plus excitables et changeaient de couleur. Nous avons constaté les mêmes phénomènes lors d'une expérience subséquente en 1983-84². Durant cette étude, deux groupes de saumons de l'Atlantique de même origine et de même âge étaient placés, un en eau douce dans la rivière aux Outardes, et l'autre en eau salée dans l'estuaire du St-Laurent. Ceux en eau salée étaient beaucoup moins nerveux et moins farouches que ceux vivant dans les cages de la rivière aux Outardes. De plus, nous avons remarqué des changements de couleur, du clair au foncé, lorsque les saumons étaient transférés de l'eau salée à l'eau douce.

Il est donc possible que la sursaturation en azote de la rivière aux Outardes ait eu des effets négatifs sur la santé des poissons et même causé certaines des mortalités survenues durant notre expérience. De plus, les glaces qui recouvraient la rivière durant l'hiver ont pu empirer ces effets en ralentissant l'aération de la colonne d'eau, et conséquemment le rétablissement de l'équilibre.

²

: Voir chapitre III

Des mesures de courant à l'extérieur des cages effectuées durant une marée complète ont révélé des vitesses variant de 0,18 à 0,60 m/s. Ces vitesses sont près des limites inférieures et supérieures recommandées pour les sites d'élevage en cages par Sutterlin et Merrill (1978). Le courant au site de la rivière aux Outardes ne constitue donc pas un obstacle à l'élevage.

2.2.2 Équipement

Les cages utilisées ont été très adéquates. Les colliers flottants se sont révélés très résistants aux vagues et d'une grande solidité. Aucune réparation importante n'a été nécessaire durant la période expérimentale. Quatre personnes pouvaient y travailler simultanément.

A la fin de l'hiver, les colliers flottants s'étaient enfoncés d'environ 35 cm dans l'eau sous la couche de glace. Nous expliquons ce phénomène de submersion forcée par le remplacement de la glace des couches inférieures par celle des couches supérieures. La circulation continue de l'eau et sa température au dessus du point de congélation cause la fonte de la face inférieure de la glace, tandis que de la nouvelle glace se forme par compaction de la neige à la face supérieure. Cette nouvelle glace se scelle d'elle-même à la clôture des cages et cause l'enfoncement des colliers flottants à mesure que la glace de la face inférieure fond.

Les filets de plastique extrudés sont coûteux, environ 400 dollars chacun. Chaque assemblage à partir de bande de filet de 1,52 m (5 pieds) de largeur nécessite deux jours de travail à deux personnes. Ils deviennent rapidement encombrés de salissures étant donné la faible ouverture des mailles. Seulement 13 jours après le mouillage, les sections près de la surface étaient déjà complètement bouchées. La croissance des algues est toutefois limitée à 1 m de profondeur environ en raison de la faible transparence de l'eau de la rivière. Mentionnons à ce sujet que la profondeur du disque de Secchi varie entre 1 et 2,9 m.

A quelques reprises, des déchirures importantes dans les filets ont dû être cousues. Malgré les réparations, les poissons, qui restaient dans les deux cages, ont pris la fuite par d'autres brèches après la prise des données du 9 mars 1983.

Les filets de plastique tel que ceux utilisés durant cette expérience sont impropres à la construction de cages destinées à l'élevage du poisson en eau froide. On doit plutôt utiliser des filets de nylon ou de polypropylène plus souples et plus durables. Il faut prendre soin de fixer les filets au sommet et du côté intérieur de la clôture plutôt qu'à l'extérieur du collier au niveau de l'eau. Cette méthode permet d'éviter de coincer les poissons sous le collier lorsqu'on relève le filet.

Le grillage métallique utilisé pour la clôture et pour recouvrir les cages devait être enlevé complètement pour relever le filet. De plus lorsque les colliers des cages s'enfoncèrent à 35 cm sous la glace, les

mailles du grillage métallique de 2.5 cm ont probablement laissé fuir plusieurs ouananiches. La fixation du filet au sommet de la clôture résout ce problème et élimine la nécessité du grillage métallique. On a alors qu'à recouvrir les cages de filets souples pour prévenir la perte de poissons pouvant être causée par les prédateurs.

L'estacade construite pour retenir les glaces à la fonte du printemps a été très efficace. L'amarrage était cependant trop serré et le câble d'attache subissait de fortes tensions verticales à marée basse. Cette situation fut corrigée à temps et les glaces situées à l'intérieur de l'estacade fondirent sur place (figure 4). La flottabilité des bil-lots n'était cependant pas suffisante pour qu'un homme puisse y marcher en toute sécurité. En augmentant la flottabilité de l'estacade, on pourrait alors s'en servir comme passerelle. On aurait donc un bon moyen d'accéder aux cages durant les périodes d'une à deux semaines que durent la prise et la fonte des glaces.

Les boîtes sans fond utilisées pour prévenir la formation de glace dans les trous de nourrissage ont aussi donné de bons résultats. Malgré des températures nocturnes de -30°C , la glace sous le couvercle lors du premier nourrissage de la journée n'était que de 0,5 à 1 cm d'épaisseur. On pourrait cependant améliorer ce type de boîte en les construisant assez hautes pour contrer les effets de l'enfoncement dans la glace. L'isolation des côtés aurait probablement aussi augmenté l'efficacité des boîtes.

2.2.3 Croissance

Chez les saumons de l'Atlantique³, les augmentations moyennes de poids et de longueur ont été satisfaisantes compte tenu des basses températures du milieu. Celles des ouananiches ont cependant été moins importantes (tableau 4).

Le facteur de condition moyen a diminué chez les saumons tandis qu'il augmentait chez les ouananiches. Pour les saumons, cette diminution du facteur de condition est en accord avec les résultats de Sutterlin et al. (1981) et de Eriksson (1983), qui constatent des baisses des facteurs de condition durant l'hiver chez les saumons de l'Atlantique vivant respectivement en eau salée et en eau saumâtre (tableau 5).

Møller, Bjerk et Holm (1976) rapportent cependant de faibles augmentations des facteurs de condition moyens des saumons de l'Atlantique vivants dans différentes fermes marines. Les températures, élevées en hiver, dans les fermes de la côte norvégienne, en sont probablement la cause.

3: Etant donné que les deux groupes de saumons vivaient dans la même cage, nous avons rassemblé les données pour les analyser, car la distribution des tailles ne présentait pas de distinction nette à la fin de l'expérience.

TABLEAU 4

Croissance en poids et en longueur et facteur de condition des saumons de l'Atlantique et des ouananiches durant l'hivernage en eau douce

Date	n	Longueur à la fourche moyenne		Poids moyen		Facteur de condition
		mm	^a ET	g	^a ET	
Saumons de l'Atlantique 1+ et 3+ regroupés						
82 sept. 23	76	297	-	342	-	1,30
83 mars 9	91	380	38	581	143	1,05
Ouananiche 1+						
82 nov. 3	31	116	11	20	5	1,28
83 mars 11	11	124	8	26	4	1,36

^a

: Ecart-type

TABLEAU 5

Taux instantanés de croissance (T.I.C.) en poids et variations des facteurs de condition des saumons de l'Atlantique dans différents milieux d'élevage

Milieu	Période	Début poids(g) et facteur de condition	Fin poids(g) et facteur de condition	T.I.C. en poids %-jour ⁻¹	Réf.
eau douce	82 sept.23	342	581	0,32	présente étude
Temp: 0 à 11 ⁰ C	au 83 mars 9	1,30	1,05		
eau saumâtre	80 sept.24	287	585	0,39	Eriksson, 1983
Temp: -0,5 à 14 ⁰ C	au 81 mars 26	1,38	1,24		
eau salée	78 oct. 16	702	1 101	0,29	Sutterlin <u>et al.</u> , 1981
Temp: 1 à 11 ⁰ C	au 79 mars 22	1,10	0,99		
eau salée	74 oct.	396	1 066	0,43 ^a	Møller <u>et al.</u> , 1976
Temp: 2 à 11 ⁰ C	au 75 juin	1,16	1,16		
eau salée	75 oct.	1 930	3 342	0,37 ^b	Møller <u>et al.</u> , 1976
Temp: 2 à 11 ⁰ C	au 76 mars	1,16	1,21		

a: période de 232 jours

b: période de 150 jours

Dans notre expérience, les saumons de l'Atlantique ont atteint des taux instantanés de croissance (T.I.C.) en poids de $0,32 \text{ \%}\text{-jour}^{-1}$ et de $0,15 \text{ \%}\text{-jour}^{-1}$ pour la longueur. Les ouananiches ont eu des T.I.C. plus faibles avec $0,20 \text{ \%}\text{-jour}^{-1}$ pour le poids et $0,05 \text{ \%}\text{-jour}^{-1}$ pour la longueur.

Le T.I.C. en poids obtenu dans cette expérience par les saumons de l'Atlantique est supérieur à celui atteint dans l'expérience de Sutterlin et al. (1981) par des saumons de l'Atlantique élevés en eau de mer (tableau 5). Il est cependant inférieur à ceux des saumons de l'Atlantique élevés en mer dans l'expérience de Møller et al. (1976) et des saumons de la Baltique élevés en eau saumâtre par Eriksson (1983).

Il est très difficile, dans ces expériences de distinguer l'effet de la salinité sur la croissance en raison des différences de température et de la diversité de taille des poissons. Il est cependant clair que le milieu d'eau douce peut offrir pour des saumons de l'Atlantique ayant dépassé le stade de saumoneaux "smolts" des possibilités de croissance qui se rapprochent de celles des milieux aquatiques plus salés. Ces observations sont en accord avec celles de Sedgwick (1982) et de Saunders et Henderson (1969) qui notent que les taux de croissance des saumons de l'Atlantique maintenus expérimentalement en eau douce ont cru aussi rapidement que ceux de la même classe d'âge placés en eau de mer.

Le fait que le T.I.C. en poids atteint par les ouananiches dans notre expérience ait été inférieur à celui des saumons de l'Atlantique

est surprenant compte tenu du fait que cette race de saumon de l'Atlantique est génétiquement adaptée à la vie en eau douce. D'autres facteurs ont aussi pu contribuer à réduire la croissance des ouananiches, par exemple: une moins bonne adaptation aux conditions d'élevage en cage. Ce phénomène était indiqué par une très grande nervosité qui a pu abaisser le taux d'ingurgitation de nourriture comparativement aux saumons. Par ailleurs, les ouananiches du lac Victor ont montré une croissance très lente dans leur lac d'origine (Lemieux & Power, 1983). La croissance des ouananiches est donc probablement liée davantage à leur potentiel génétique de croissance qu'aux conditions du milieu.

2.2.4 Survie et état des poissons

Entre le début de l'expérience et le 3 octobre 1982, 131 cadavres de saumons de trois ans et 55 de un an ont été prélevés. Ceci correspond à des mortalités de 18 et 22 % respectivement. Lors de la remontée du filet, le 9 mars 1983, plusieurs squelettes de saumons gisaient sur le fond. Nous n'avons cependant pas pu les dénombrer en raison de leur état de décomposition avancée. A ce moment, 92 saumons vivants demeuraient dans la cage.

Chez les ouananiches, nous avons recueilli seulement deux cadavres entre la mise en cage, le 11 novembre 1982 et la prise des glaces, le 8 décembre 1982. Le 9 mars 1983, les ouananiches n'ont pu être comptées, car la glace, plus épaisse dans cette cage, nous a empêché

de remonter le filet. Lorsque le filet a pu être dégagé, nous avons constaté la disparition de tous les poissons.

En raison de ces nombreuses fuites, les taux de survie n'ont évidemment pu être calculés.

Les mortalités des saumons au début de l'expérience peuvent avoir été causées par la furonculose. Une indication à ce propos nous vient d'un autre groupe de saumons de trois ans provenant du même stock que les nôtres et qui sont presque tous morts de cette maladie peu après leur transfert en eau saumâtre¹.

Des autopsies pratiquées sur les spécimens de notre groupe de saumons de trois ans ont montré une congestion du foie et des reins, tandis que d'autres spécimens apparaissaient en bonne santé.

Une autre cause probable de mortalité chez les saumons est le cannibalisme. A une occasion, ce phénomène fut observé entre les saumons de trois ans et ceux de un an.

Lors de l'arrivée des saumons de l'Atlantique de la pisciculture, tous les individus des deux groupes de saumons de l'Atlantique présentaient la livrée argentée, caractéristique des saumons ayant passé le

1

: Communication personnelle de M. Serge Gonthier, juillet 1982.

stade de saumoneaux. A la fin de l'expérience, ils avaient encore cet aspect. Ces résultats confirment ceux de Saunders et Henderson (1969) qui notent que les saumons de l'Atlantique ne recouvrent pas l'aspect de tacon lorsqu'ils sont gardés en eau douce après le stade de saumoneaux.

2.2.5 Nourriture

La nourriture employée fut très bien acceptée par les poissons. Il n'a fallu que deux jours pour qu'ils l'acceptent avec plus de voracité que la nourriture sèche à laquelle ils étaient habitués en pisciculture. Les ouananiches prenaient aussi cette nourriture, mais elle ne montait pas à la surface pour la dévorer. Elles se tenaient à des profondeurs de 1,5 m environ.

Il fut impossible de réaliser le calcul du taux de conversion de la nourriture en chair en raison du trop grand nombre de poissons qui s'échappèrent durant l'expérience.

Il est probable que les poissons des deux groupes ont été sous-alimentés, du moins au début de l'expérience. En fait, la distribution de quantités équivalentes à 1,4 % du poids vif par jour était nettement trop faible si on la compare à celles de 7 à 9 % du poids des poissons par jour chez les éleveurs de Norvège (Sedgwick, 1982). Cette situation s'est probablement rétablie plus tard étant donné que la quantité calculée sur le poids initial de tous les poissons continua à être distribuée

tandis que le nombre de poissons avait diminué.

La nourriture s'est révélée très friable au contact de l'eau. Elle se désintégrait très facilement pendant les attaques des poissons, diminuant d'autant la fraction ingurgitée des aliments distribués. Le choix de la nourriture de type humide a été fait d'abord pour répondre aux impératifs de croissance et de santé des poissons qui étaient destinés à être placés en eau salée le printemps suivant. On sait que les salmonidés vivants en eau salée démontrent une meilleure croissance s'y on leur offre une nourriture de type humide (Sedgwick, 1982). En fait, l'eau contenue dans la nourriture contribue à réduire le stress osmotique causé par le sel dans l'eau de mer.

La croissance individuelle a aussi pu être supportée par la chair des saumons cannibalisés ainsi que par celle de l'éperlan arc-en-ciel Osmerus mordax. Plusieurs spécimens de cette espèce furent trouvés vivants dans la cage des saumons à la fin de l'expérience. Aucune analyse des contenus stomacaux n'a toutefois pu être réalisée en raison de la fuite des poissons. L'apport de nourriture naturelle n'est donc qu'une hypothèse qu'il faudrait vérifier.

CHAPITRE III

CULTURE DU SAUMON DE L'ATLANTIQUE *Salmo salar*, EN EAU SALEE DANS
L'ESTUAIRE DU ST-LAURENT AVEC HIVERNAGE EN EAU DOUCE

CHAPITRE III

CULTURE DU SAUMON DE L'ATLANTIQUE *Salmo salar*, EN EAU SALEE DANS L'ESTUAIRE DU ST-LAURENT AVEC HIVERNAGE EN EAU DOUCE

3.1 MATERIEL ET METHODES

3.1.1 Milieux d'élevage

Au cours de cette expérience, trois milieux d'élevage furent exploités. Il s'agit d'abord de l'anse St-Panrace ($49^{\circ}, 17', 13''$ N, $68^{\circ}, 02', 53''$ W) qui fut choisie comme site d'élevage en eau salée. Elle se situe à 75 km du site de la rivière aux Outardes (figure 1). C'est une petite baie d'environ 1,5 km de long par 500 m de large (figure 2). Elle est bien abritée des vents par des falaises d'environ 100 m de hauteur. Sa profondeur est approximativement de 100 m à son ouverture sur l'estuaire du St-Laurent. Le site est accessible en bateau seulement. Il est situé à 8 km du port de Baie-Comeau et à environ 800 m d'un chemin, carrossable en été seulement. L'amplitude de la marée y est d'environ 5 m et la profondeur au site des cages était de 10 m.

Des ruisseaux, plus ou moins importants, se déversent dans l'anse St-Panrace. Il s'agit, par ordre d'importance, des décharges des lacs St-Panrace, aux Canards et Low.

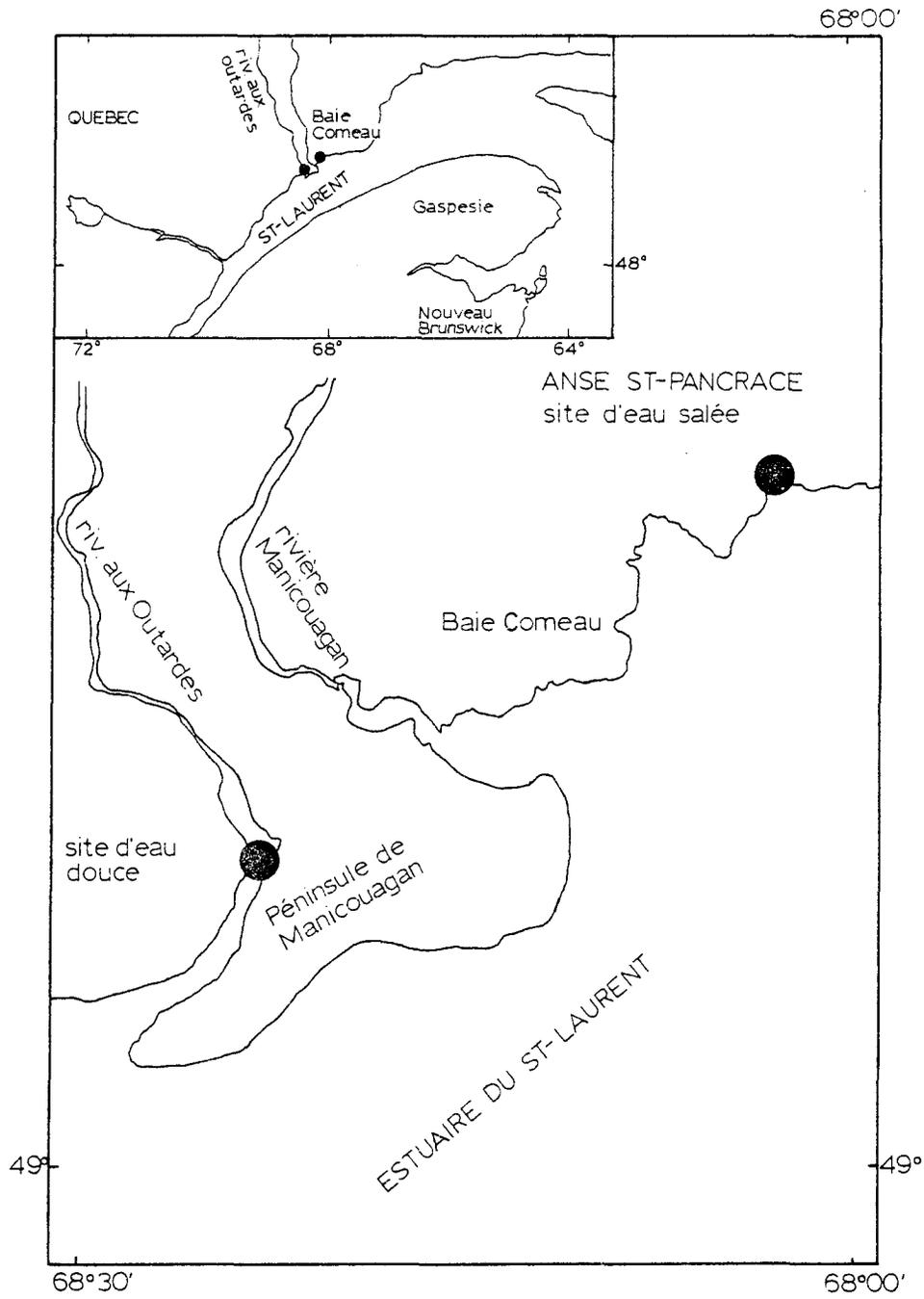


Figure 1 Localisation des sites d'élevage.



Figure 2 Vue de l'anse St-Pancrace (a) et des cages d'élevage (b).

Selon un rapport du Gouvernement du Québec (1983), la partie extrême ouest de l'anse St-Pancrace est faiblement contaminée par les biphényles polychlorés (BPC). Durant l'été, un club de yacht local y installe un quai flottant et les bateaux y viennent durant les fins de semaines. C'est à notre connaissance les deux seules sources potentielles de pollution de l'eau dans l'anse St-Pancrace.

Le deuxième milieu d'élevage est celui du site de la rivière aux Outardes, le même que décrit au chapitre II.

Compte tenu du fait que l'expérimentation de l'hivernage en eau douce avait déjà été réalisée l'année précédente et que le maintien du personnel sur ce site durant l'hiver aurait amené de fortes dépenses, il fut décidé d'hiverner les poissons en bassins d'eau douce dans une pisciculture. Cette pisciculture, qui constitue le troisième milieu d'élevage, est située dans la municipalité de La Baie, Québec. Les bassins d'élevage y sont alimentés par une source d'eau souterraine.

3.1.2 Origine des saumoneaux

Les poissons utilisés durant cette expérience étaient des saumoneaux de l'Atlantique Salmo salar âgés de deux ans. Ils provenaient de parents anadromes capturés dans la rivière York au Québec. Ils furent élevés à la pisciculture gouvernementale de l'Anse Pleureuse, près de Gaspé.

3.1.3 Les cages et la nourriture

Les colliers flottants des cages d'élevage employées étaient les mêmes que ceux décrits au chapitre II. Les filets de plastique ont cependant été remplacés par des filets de nylon créosoté de 6 m de profondeur. Le premier mètre constituait la clôture et les 5 m restant sous la surface formaient l'enclos à poissons. Les mailles étirées étaient de 2,86 cm (1 1/8 pouce) et le fil de grosseur 210/30. Les ouvertures des cages à l'air libre étaient protégées par des filets plus légers, de grosseur 210/15, et de mailles étirées de 7,62 cm (3 pouces). Les cages étaient amarrées ensemble à quatre roues de wagon de chemin de fer (figure 3). Chacune d'elles constituait un volume utilisable de 125 m³.

La nourriture était de type humide. La formule no. 1 (tableau 1) fut utilisée pendant presque toute l'expérience. Cependant pour pallier le problème de la trop grande friabilité de la nourriture, la formule no. 2 fut adoptée à la fin de l'été 1984. On remarquera la teneur réduite en eau de la formule no. 2.

Au début de l'expérience, les quantités de nourriture étaient établies selon un nomogramme conçu pour la truite arc-en-ciel élevée en eau douce (Conseil des productions animales du Québec, 1982). Les quantités étaient cependant majorées de 50 % pour tenir compte de la présence d'une plus grande quantité d'eau dans notre nourriture. Deux mois et demi après le début de l'expérience, cette méthode de nourrissage fut

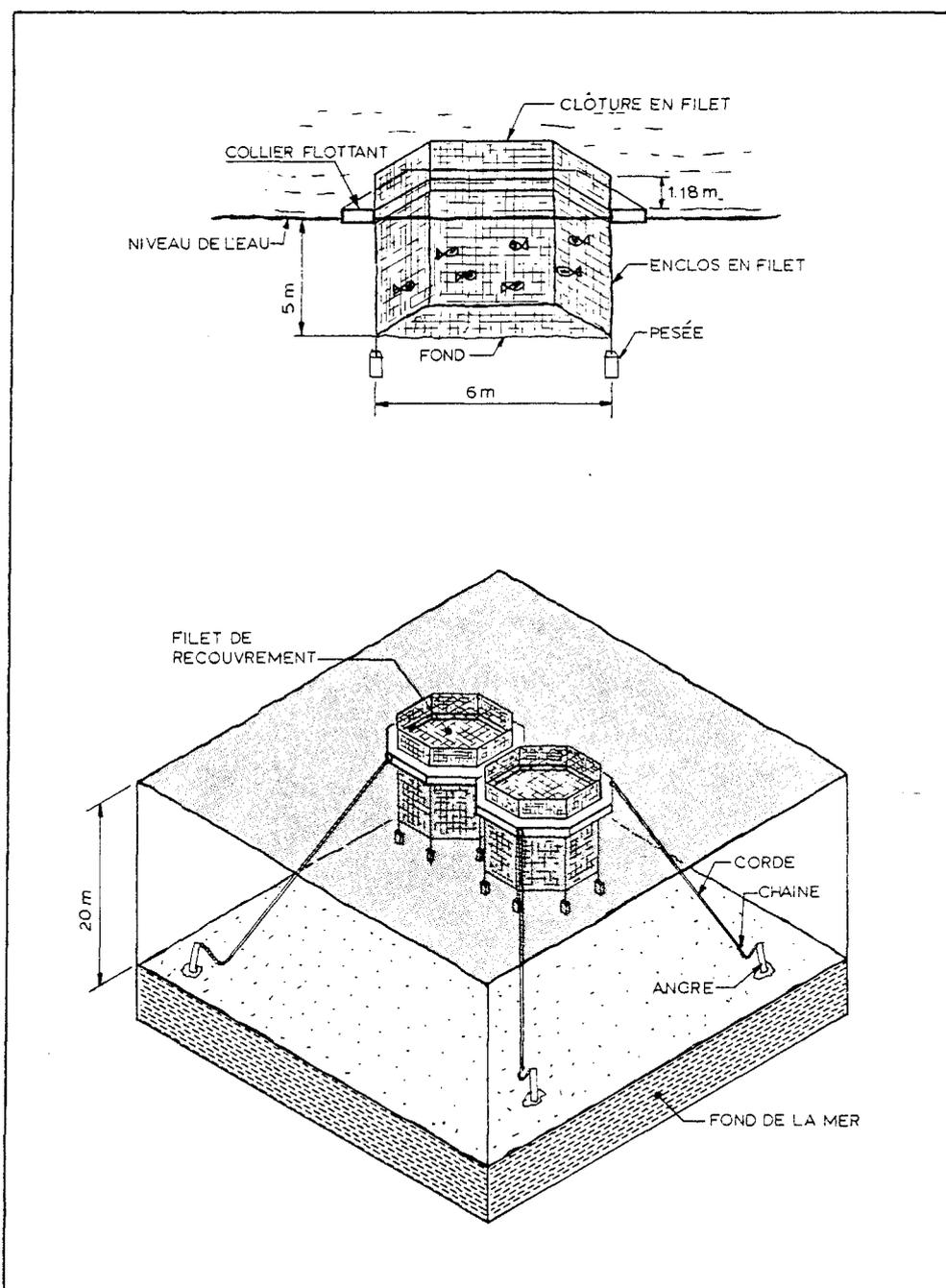


Figure 3 Plan d'une cage et situation dans l'anse St-Pancrace.

TABLEAU 1

Formules des différents types de nourriture du saumon de l'Atlantique
utilisés durant l'expérience

Ingrédients	%	Eau	Période
		%	d'utilisation
<u>Formule no.1</u>			
Capelan Haché	75		
<u>Mallotus villosus</u>			15 juin 1983 au
		64,7	1er sept. 1984
Supplément à saumon vitaminé ^a	25		
<u>Formule no.2</u>			
Maquereau haché	51		
<u>Scromber scrombus</u>			
Supplément à saumon vitaminé ^a	23		1er sept. 1984
Farine de poisson	21	37,8	au 16 nov. 1984
Huile de foie de morue	3		
Huile végétale	2		

^a

Fabriqué par Fortamix, Chambly, Québec (Canada)

abandonnée et les poissons furent subséquemment nourris à satiété. Etant donné que cette correction au mode de nourrissage fut appliquée aux deux groupes au même moment, elle n'entraînait pas de répercussion sur l'expérience. Les résultats des deux groupes pouvaient toujours être comparés.

La fréquence des repas était en moyenne de deux par jour.

3.1.4 Protocole expérimental et prise des données

L'expérience débuta le 15 juin 1983 et dura 17 mois. Les poissons étaient séparés en deux groupes, un groupe expérimental composé de 657 saumoneaux et un groupe de comparaison formé de 602 saumoneaux.

Les principales étapes de la recherche furent les suivantes:

- 15 mai, mise en stabulation de tous les saumons dans les cages de la rivière aux Outardes;
- 15 juin, transfert du groupe expérimental à l'anse St-Panrace et début de l'expérience;
- 27 octobre 1983, retour du groupe expérimental dans les cages de la rivière aux Outardes;
- 1er décembre 1983, déplacement des deux groupes vers la pisciculture de La Baie;
- 11 juillet 1982, retour des deux groupes à l'anse St-Panrace;
- 16 novembre 1984, fin de l'expérience.

Le groupe de comparaison, qui devait rester en eau douce pendant toute l'expérience, fut placé en eau salée pour éviter de maintenir du personnel et du matériel sur deux sites à la fois pendant la deuxième saison estivale. De plus, cela nous a permis d'évaluer l'effet de l'eau salée sur la croissance des saumoneaux ayant résidé trois ans en eau douce. Ce transfert nous a cependant empêché de comparer la croissance du groupe de comparaison avec celle du groupe expérimental durant cette dernière saison estivale.

Les données environnementales étaient prises à chaque nourrissage tandis que les données biométriques étaient enregistrées à chaque mois en 1983 et à chaque deux mois ou plus, en 1984. Ces intervalles, plus longs en 1984, ont été jugés nécessaires pour éviter le stress occasionné aux poissons lors des manipulations.

Les appareils qui servirent à la collecte des données et les formules utilisées pour leurs analyses sont les mêmes que ceux décrits au chapitre II. Néanmoins, les pourcentages de survie furent calculés selon la méthode de calcul de la procédure Survival du logiciel Statistical Package for Social Science (Hadlai & Nie, 1981).

Une évaluation de la maturité sexuelle fut faite à l'aide de l'indice gonado-somatique (I.G.S.) à la fin de l'expérience. Cet indice est le rapport du poids des gonades sur le poids total du poisson, exprimé en pourcentage (Sutterlin et al. , 1981).

A chaque fois qu'apparaissaient des mortalités importantes, des spécimens étaient envoyés aux services vétérinaires du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, à Rock Forest, Québec.

3.2 RESULTATS ET DISCUSSION

3.2.1 Environnement

La figure 4 présente les températures et les salinités observées à l'anse St-Pancrace durant les années 1983 et 1984. On y constate que ces deux paramètres varient beaucoup dans le temps et l'espace. On peut aussi noter que la température de l'eau à ce site a atteint le niveau létal pour le saumon de l'Atlantique en janvier 1984.

Comme nous l'avions appréhendé, cette région marine semble impropre, du moins pour les eaux de surface, à l'hivernage de salmonidés en captivité. Cependant d'autres mesures de température, à différentes profondeurs durant les mois à haut risque, devront être réalisées avant de se prononcer d'une manière certaine sur ce point.

La figure 5 présente les valeurs de la température de l'eau des trois milieux où ont vécu les deux groupes de saumons du début à la fin de l'expérience. On peut y noter que le groupe de comparaison qui vivait durant le premier été en eau douce dans la rivière aux Outardes, a joui d'un avantage marqué au niveau de la température comparativement au groupe expérimental.

Dans la rivière aux Outardes, le nombre de degré-jour de l'eau durant les mois de juin à octobre 1983 a été de 2 015 °C-J comparativement à 1 523 °C-J à l'anse St-Pancrace. D'autre part, les calculs du nombre de

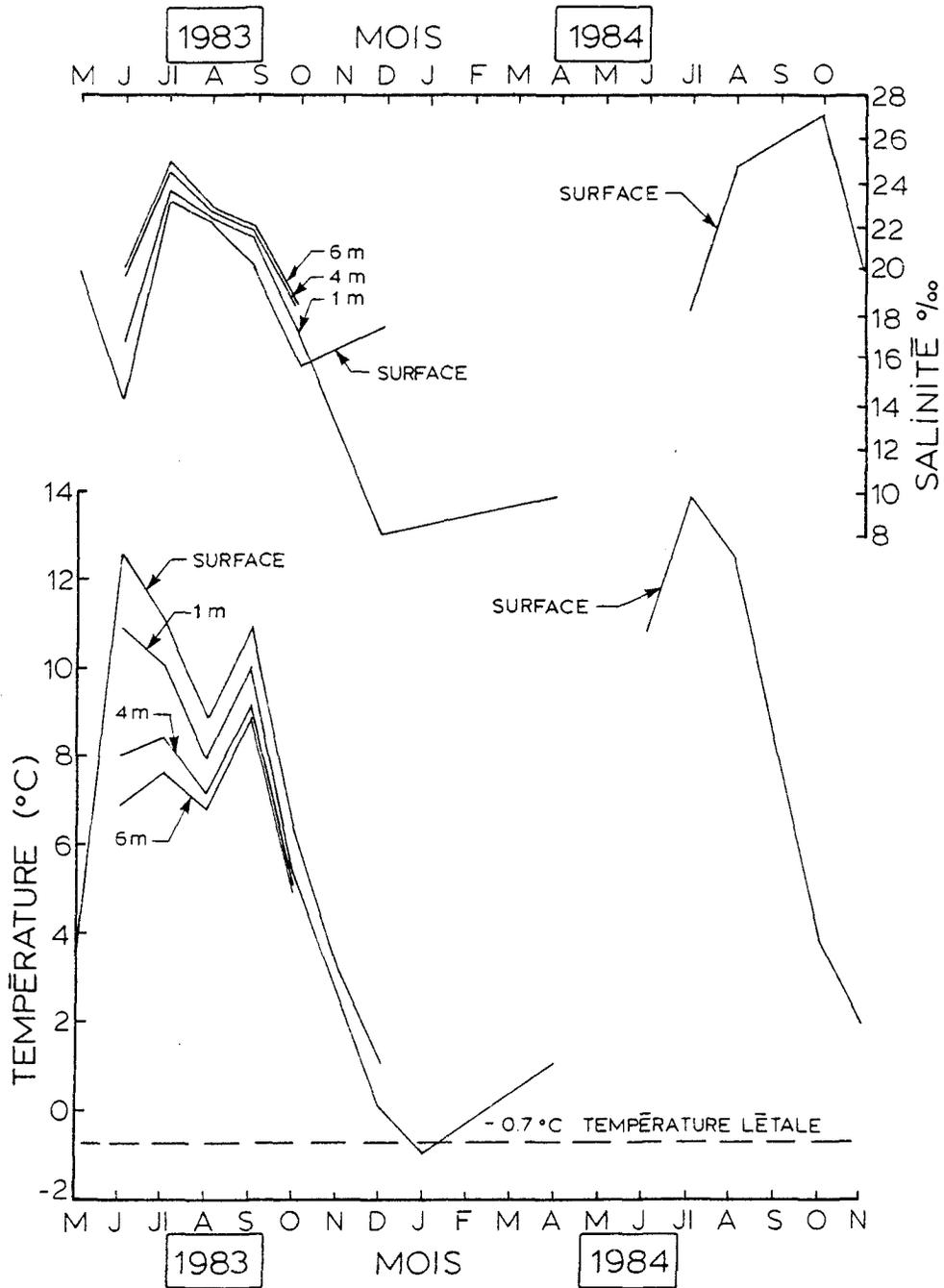


Figure 4 Moyennes mensuelles de la température et de la salinité de l'eau à l'anse St-Pancrace en 1983 et 1984.

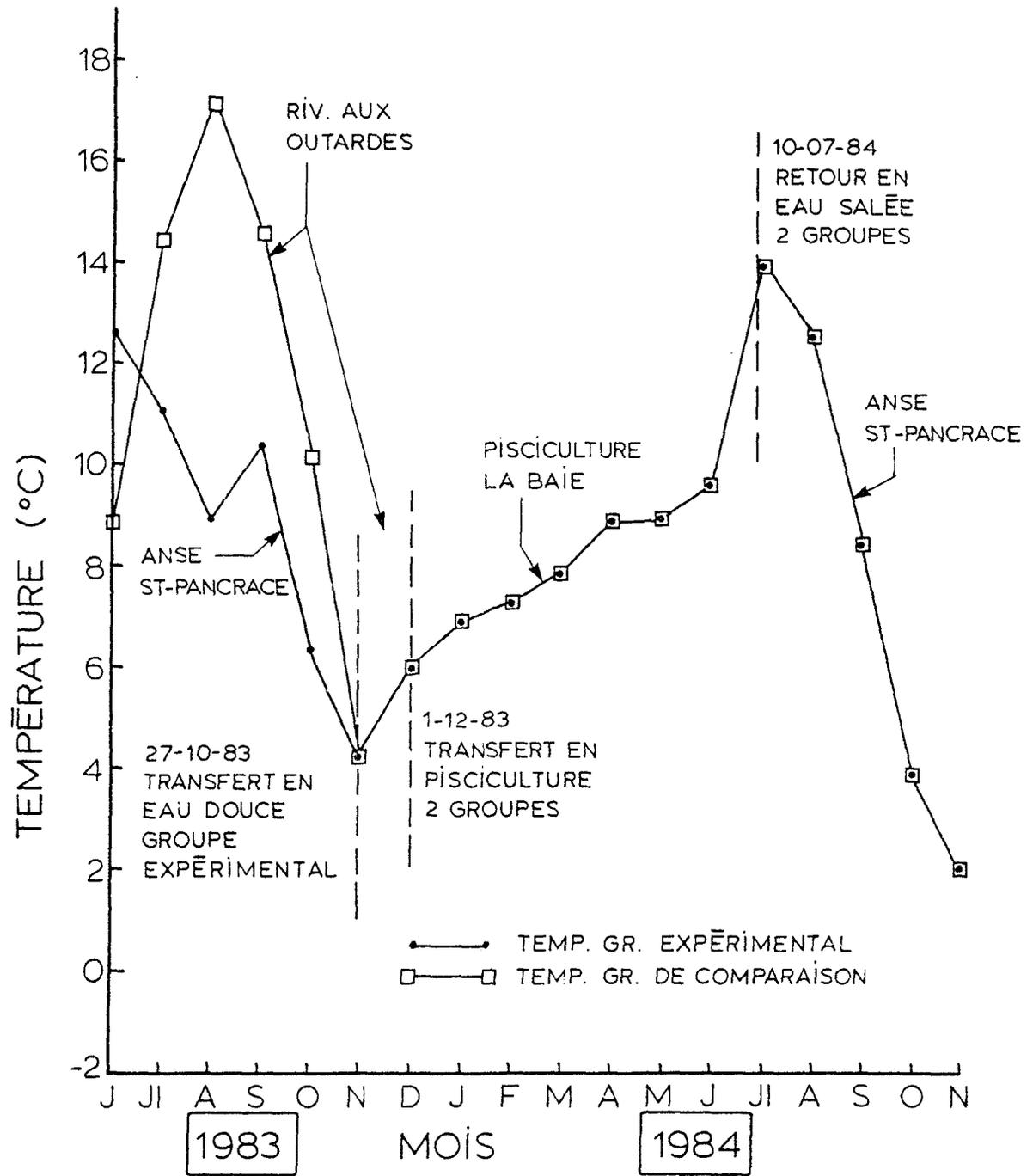


Figure 5 Moyennes mensuelles de la température de l'eau dans les milieux d'élevage.

degrés-jours de l'eau de surface de la rive sud de l'estuaire du St-Laurent à Pointe-au-Père et de la baie de Fundy à Deer Island, ont été réalisés pour une période semblable de l'année d'après les données de Doyer et Larrivée (1984) et de Sutterlin et al. (1981). Ces calculs ont montré que l'eau de l'anse St-Pancrace en 1983 avait une valeur thermique quelque peu inférieure à celle de la baie de Fundy, et équivalente à celle de la rive sud de l'estuaire du St-Laurent. Le nombre de degrés-jours était de 1 616 °C-J dans la baie de Fundy et de 1 542 °C-J sur la rive sud de l'estuaire du St-Laurent. La figure 6 présente par ailleurs, sous forme graphique, les températures moyennes des différents sites d'élevage comparés.

Il est à noter que les calculs des nombres de degré-jour des sites comparés ont été faits avec les valeurs d'années différentes et que si le calcul pour l'anse St-Pancrace avait été réalisé en 1984, il aurait probablement montré une valeur thermique supérieure à celle de 1983 (figure 4).

La température de l'eau de l'anse St-Pancrace est caractérisée par des variations à court terme plus importantes que celle de la rivière aux Outardes. Des mesures prises à toutes les demi-heures pendant un cycle complet de marée (figure 7), ont montré une variation maximale de 3 °C. Quelques jours plus tard, les mêmes mesures, prises dans la rivière aux Outardes, ont donné une variation maximale de 1,2 °C.

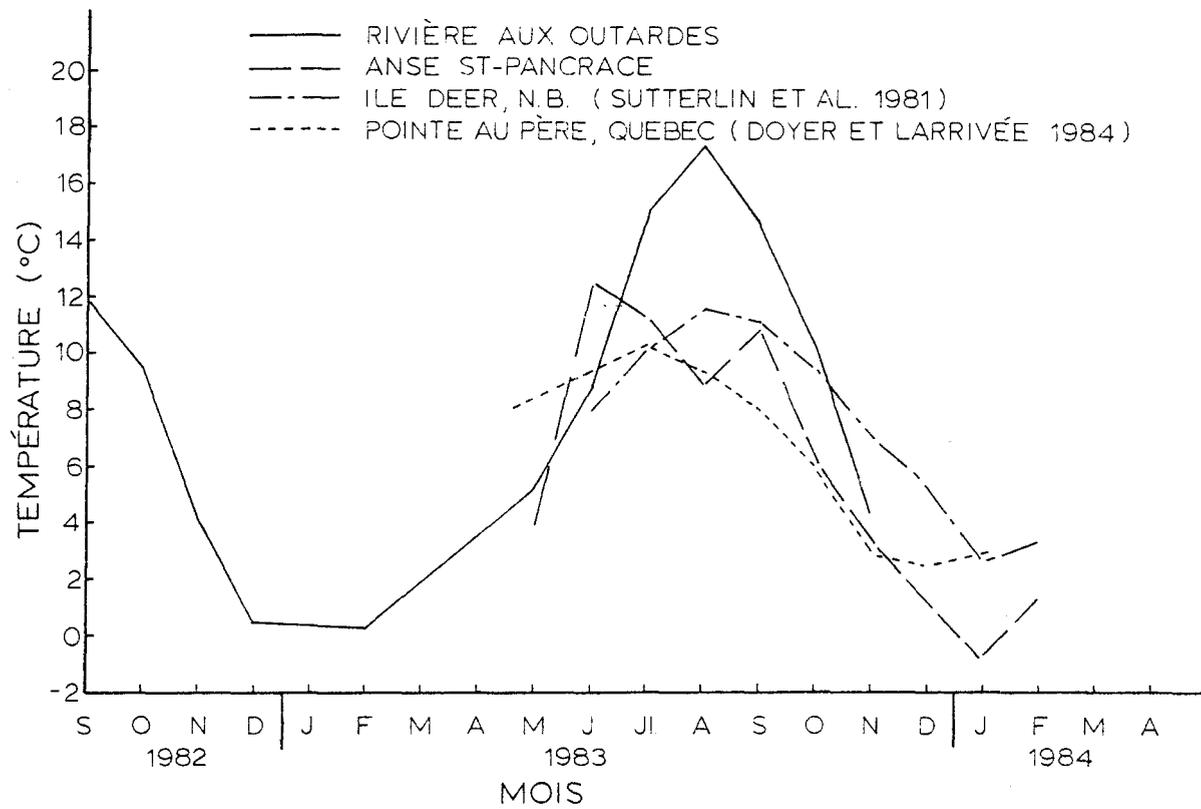


Figure 6 Comparaison des températures de l'eau dans différents sites expérimentaux d'élevage du saumon de l'Atlantique.

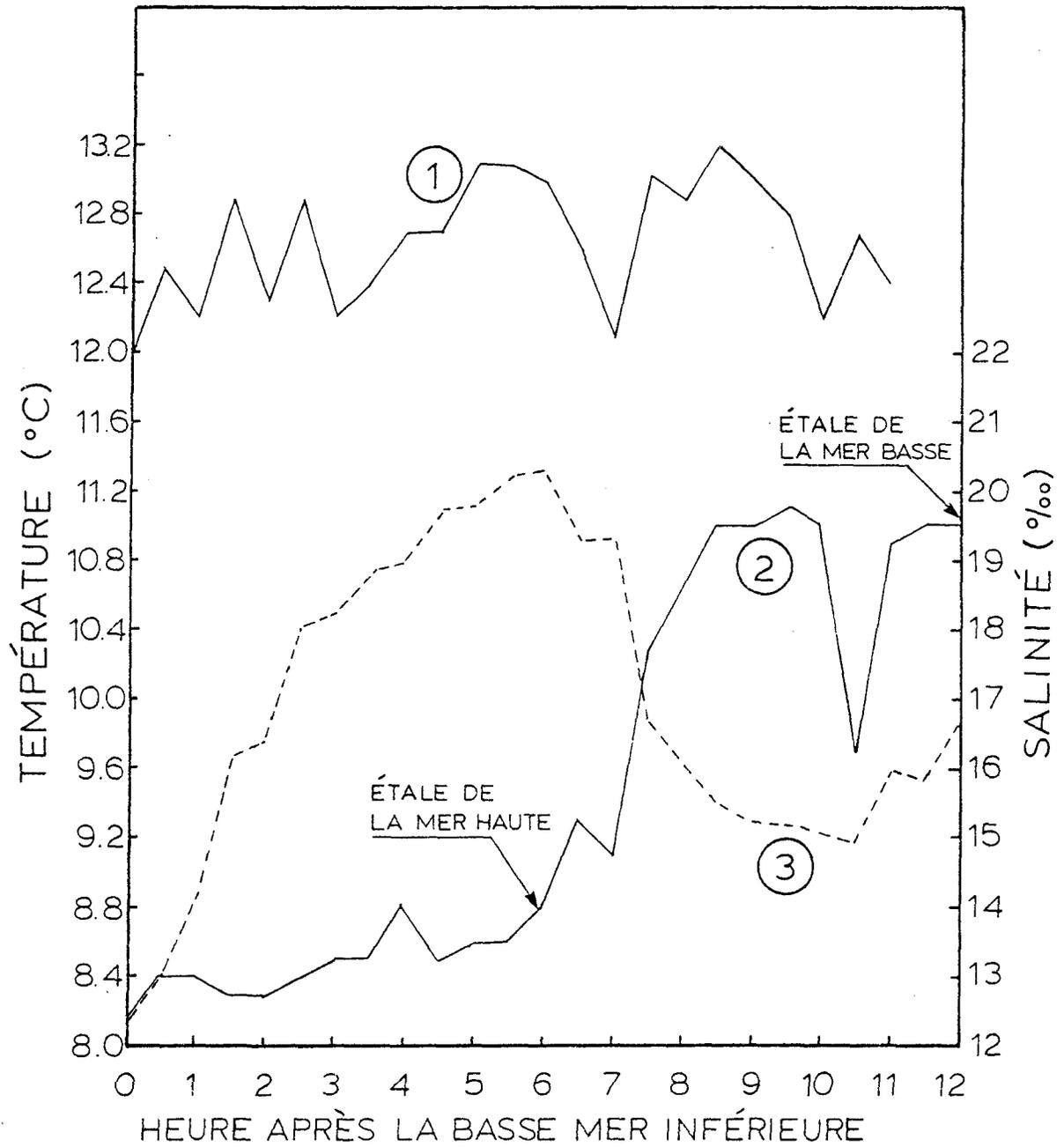


Figure 7 Variations de la température, 1- rivière aux Outardes, le 4 octobre 1983, 2- anse St-Pancrease, le 2 octobre 1983, et de la salinité, 3- anse St-Pancrease, le 2 octobre 1983 à 1 m de profondeur.

Les changements à court terme de la salinité sont aussi très accentués dans l'anse St-Pancrace. Comme on peut le voir à la figure 7, des variations de 8 %, furent enregistrées durant une seule marée.

Le pH de l'eau au site d'élevage de l'anse St-Pancrace était de 7,1 en surface et de 7,75 à 3 m le 2 octobre 1983. Le même jour, l'oxygène dissous était de 9 mg/l à une température de 8,7 °C et à une salinité de 13 ‰.⁴

Sedgwick (1982) mentionne que la température optimale pour la croissance en mer de certains salmonidés est de 15 à 16 °C, mais que la température de la mer dans les zones d'engraissement est de 8 à 10 °C. MacCrimmon, Stewart et Brett (1974) notent pour leur part, que la température optimale pour le saumon de l'Atlantique en mer est de 13 °C.⁵

On a donc, en été, dans l'anse St-Pancrace, des températures qui sont près de l'optimum pour la croissance du saumon.

Les données de température de la rivière aux Outardes durant l'hiver 1982-83⁶ sont près du point de congélation, cependant les observations ont montré que les poissons continuaient à se nourrir et à

⁴ : Pour les résultats physico-chimiques dans la rivière aux Outardes voir chapitre II, section 2.2.1

⁵ : Voir chapitre II, tableau 3.

⁶ : Voir chapitre II, section 2.2.3

croître durant cette période.

On peut donc dire qu'au point de vue de la température, les milieux d'élevage de l'anse St-Pancrace et de la rivière aux Outardes sont respectivement, en été et en hiver, des milieux adéquats pour l'élevage du saumon de l'Atlantique.

3.2.2 Equipement

Les cages utilisées ont très bien servi nos objectifs en eau salée comme en eau douce. On pouvait y travailler sans crainte, même dans les périodes de fortes vagues. Les poteaux retenant les filets ont cependant montré des faiblesses. Il serait avantageux de les construire en acier galvanisé plutôt qu'en bois.

A la fin de l'expérience, les filets étaient intacts. La croissance des algues nous a cependant obligé à les nettoyer régulièrement.

3.2.3 Croissance

On remarque à la figure 8 et au tableau 2 que le groupe expérimental a un poids significativement plus grand à la fin de l'expérience ($\bar{X} = 1,28$ kg) que le groupe de comparaison ($\bar{X} = 1,00$ kg), $t(48) = 3,57$, $p < 0,01$, une voie. La longueur à la fourche moyenne était aussi à ce

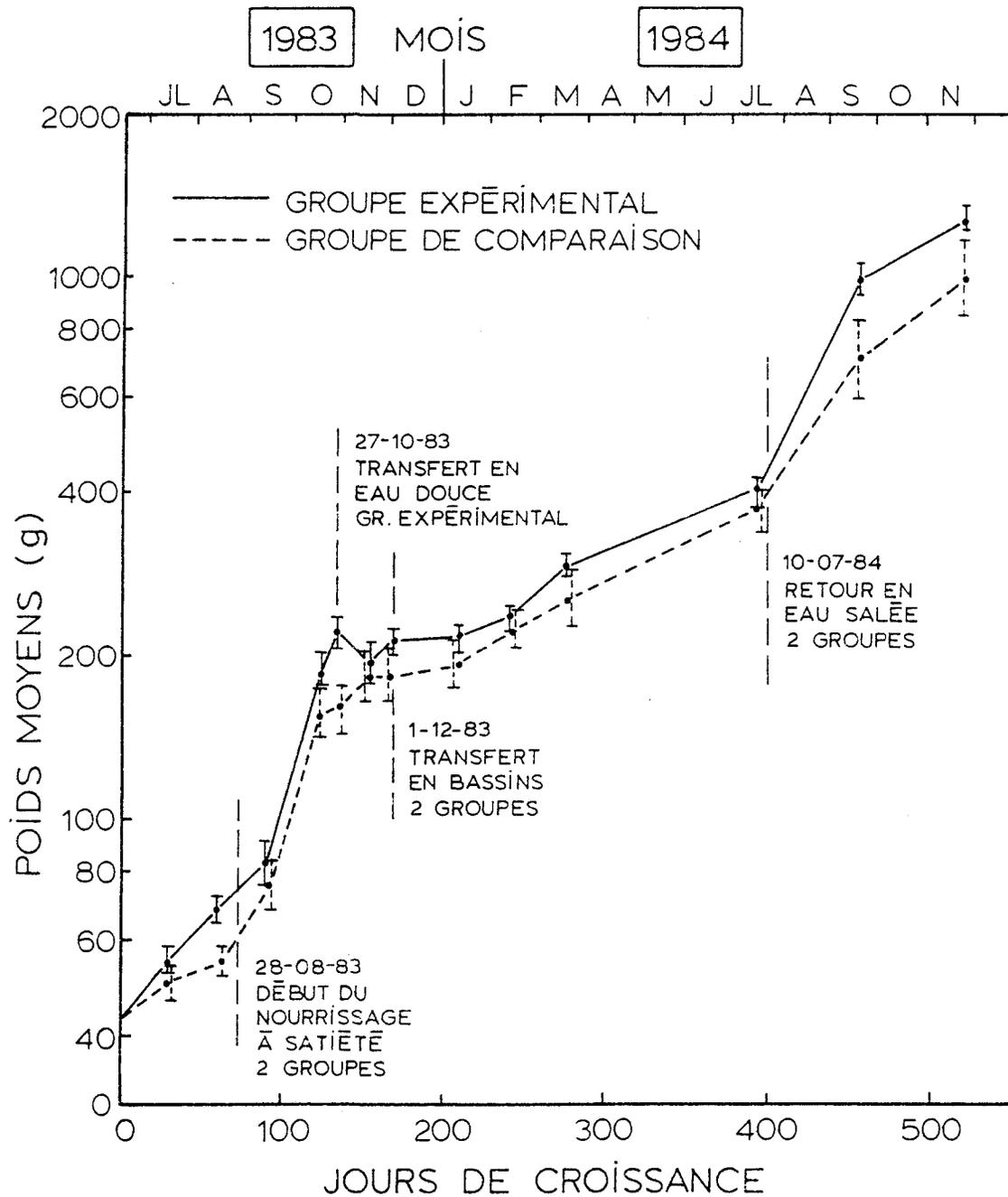


Figure 8 Poids moyens des saumons de l'Atlantique et intervalles de confiance à 95%.

TABLEAU 2

Croissance en poids et en longueur des saumons de l'Atlantique

Date	n	Poids moyens		Longueur a la fourche		Milieu ^b d'élevage
		g	ET ^a	mm	ET ^a	
Groupe expérimental						
83 juin 15	34	43	21,9	170	22,3	-----
juil. 16	33	55	11,6	187	23,3	
août 15	29	69	12,1	201	12,1	C.E.S.
sept. 15	30	84	22,4	225	20,1	
oct. 17	30	188	34,3	270	17,9	
oct. 27	30	222	42,6	286	18,8	-----
nov. 15	29	195	42,8	277	28,0	C.E.D.
nov. 29	30	214	33,6	284	14,9	-----
84 jan. 10	31	217	36,4	293	16,3	
fév. 10	30	236	33,7	301	15,3	B.E.D.
mars 15	30	296	37,2	321	13,7	
juil. 11	28	404	92,0	368	21,2	-----
sept. 13	30	988	164,7	462	22,9	C.E.S.
nov. 16	37	1 278	230,5	486	23,3	-----
Groupe de comparaison						
83 juin 15	34	43	21,9	170	22,3	-----
juil. 15	30	50	11,0	172	14,9	
août 16	86	55	13,7	189	17,5	
sept. 17	29	77	20,8	209	20,7	C.E.D.
oct. 16	27	157	44,2	241	28,1	
oct. 31	30	161	43,6	247	26,6	
nov. 15	30	186	53,2	251	28,4	
nov. 29	31	186	59,6	251	33,2	-----
84 jan. 10	29	196	58,4	264	28,7	
fév. 10	30	222	65,0	275	30,6	B.E.D.
mars 15	30	256	84,8	293	35,1	
juil. 11	31	372	95,5	355	30,2	-----
sept. 13	13	719	200,4	414	39,9	C.E.S.
nov. 16	13	1 000	271,7	446	36,5	-----

^a : Ecart-type

^b : C.E.S.= cages en eau salée, C.E.D.= cages en eau douce,
B.E.D.= bassins en eau douce

moment significativement plus grande chez le groupe expérimental ($\bar{X} = 486,5$ mm) que chez le groupe de comparaison ($\bar{X} = 446,5$ mm), $t(48) = 4,55$, $p < 0,01$, une voie.

Au Nouveau-Brunswick, Sutterlin et al. (1981) ont obtenu 3,3 kg après 18 mois d'élevage en eau salée à partir cependant de saumoneaux de 85 g, soit presque le double du poids des nôtres.

Sutterlin et Merrill (1978) rapportent des poids de 1,7 kg et 2,0 kg pour des fermes commerciales ayant gardé leurs poissons en mer respectivement 16,0 et 16,5 mois. Les élevages avaient débuté avec des saumoneaux légèrement plus petits que les nôtres, soit 30 et 33 g respectivement.

Des comparaisons plus directes peuvent être faites si on examine les taux instantanés de croissance (T.I.C.) en poids des saumons plutôt que le poids absolu. Par exemple, dans six fermes commerciales norvégiennes, on obtient un T.I.C. de $0,75 \text{ \%}-\text{jour}^{-1}$ en moyenne pour 21,5 mois que dure le cycle, tandis que notre groupe expérimental a crû en moyenne de $0,64 \text{ \%}-\text{jour}^{-1}$ durant les 17 mois d'élevage. Durant la même période, le groupe de comparaison a conservé un T.I.C. en poids de $0,60 \text{ \%}-\text{J}^{-1}$.

La croissance moins forte observée dans notre expérience peut s'expliquer par:

1. Le fait que des quantités de nourriture offerte aux poissons au début de l'expérience étaient insuffisantes;

2. Une nourriture trop friable, due à la haute teneur en eau dans la formule no. 1;
3. Des manipulations fréquentes dues au protocole expérimental;
4. Des déplacements supplémentaires occasionnés par le déménagement à la pisciculture.

Des différences de croissance entre les groupes apparaissent dans la première partie de l'expérience lorsqu'ils sont placés dans des milieux différents. Au moment du transfert en eau douce du groupe expérimental, à la fin d'octobre 1983, le poids moyen de ce groupe ($\bar{X}=222$ g) était significativement plus grand que celui du groupe de comparaison ($\bar{X}=161$ g) $t(58) = 5,47$, $p < 0,01$, une voie. Donc, malgré une nourriture artificielle plus abondante pour le groupe de comparaison (4,72 % du poids vif par jour en nourriture humide comparativement à 3,76 %) et une température de l'eau plus élevée (figure 5), le groupe de comparaison vivant en eau douce durant le premier été, n'a pas crû aussi rapidement que le groupe expérimental placé en eau salée.

Il est possible que cette différence de croissance résulte de la haute teneur en azote dissous présente dans l'eau de la rivière aux Outardes.⁷

⁷: voir chapitre II, section 2.2.1.

Suite au transfert en eau douce, le groupe expérimental a subi une décroissance, passant d'un poids moyen de 222 g à 195 g en 19 jours. C'est une perte de poids équivalente à un T.I.C. de $-0,77 \text{ \%}\text{-jour}^{-1}$ (figure 9). Pendant la même période, le groupe de comparaison n'ayant pas subi de changement de milieu a continué à croître. Durant les 15 jours suivants, le groupe expérimental a recommencé sa croissance tandis que le groupe de comparaison subissait une légère perte de poids, équivalente à un T.I.C. de $-0,22 \text{ \%}\text{-jour}^{-1}$.

Le fait que la décroissance du groupe expérimental après le transfert ne dure que 19 jours environ sur un total de 521 jours d'élevage et que ces périodes de décroissance apparaissent chez notre groupe de comparaison comme chez les saumons élevés continuellement en eau salée (Sutterlin *et al.*, 1981), nous permet de dire que les effets du transfert en eau douce sur la croissance sont peu importants.

Ces résultats de croissance démontrent une possibilité réelle d'utilisation de cette méthodologie d'élevage par d'éventuelles fermes commerciales. Il sera cependant nécessaire de poursuivre les recherches à l'échelle intermédiaire pendant encore au moins un cycle d'élevage pour évaluer le potentiel de croissance des saumons dans ces conditions.

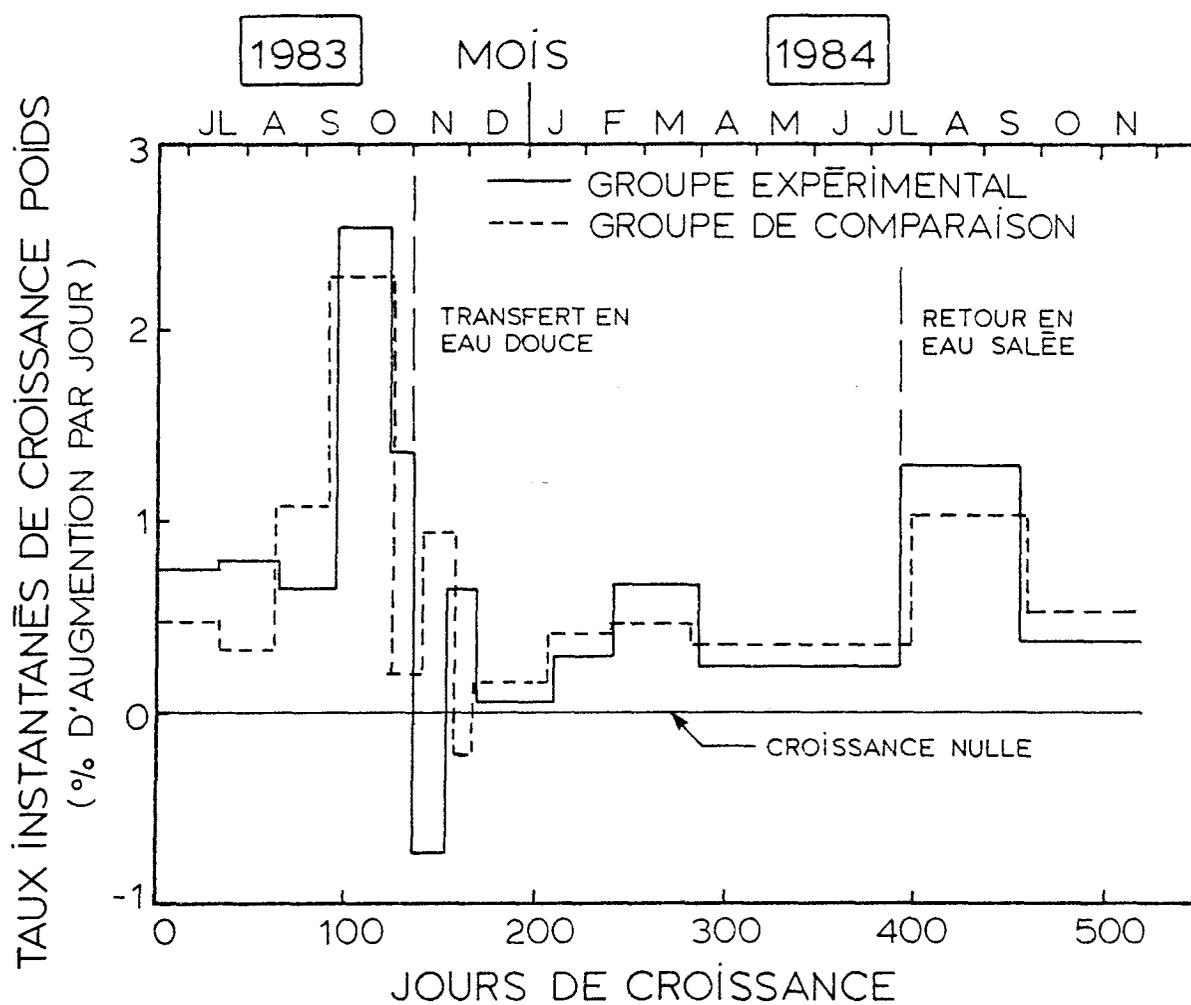


Figure 9 Taux instantannés de croissance en poids des saumons de l'Atlantique.

3.2.4 Survie et état des poissons

Des mortalités importantes sont survenues durant l'expérience. Cependant, le groupe expérimental a été moins affecté que le groupe de comparaison (figure 10). A la fin de l'élevage le 16 novembre 1984, la survie était de 32 % pour le groupe expérimental comparativement à 17 % pour le groupe de comparaison. Cette différence peut aussi s'expliquer par le taux élevé d'azote dissous présent au site de la rivière aux Outardes.

La figure 10 montre que la mortalité apparaît durant les 60 premiers jours environ et qu'elle diminue ensuite pour devenir nulle vers la fin.

Dans l'expérience de Sutterlin et al. (1981) au Nouveau-Brunswick, on est parvenu à conserver 55 % des poissons vivants après 18 mois en eau salée, tandis que des survies de l'ordre de 75 % sont considérées comme normales en Norvège (Sutterlin & Merrill, 1978).

Les mortalités plus fortes dans notre expérience peuvent être expliquées par les résultats des autopsies effectuées, durant la période de forte mortalité, sur les poissons morts ou moribonds. Les examens vétérinaires ont révélé que les poissons souffraient de furonculose et qu'ils présentaient une maigreur prononcée. Cette maigreur est aussi démontrée par les facteurs de condition (figure 11) qui atteignent 0,72 chez le groupe expérimental le 15 septembre 1983. Les poissons sont

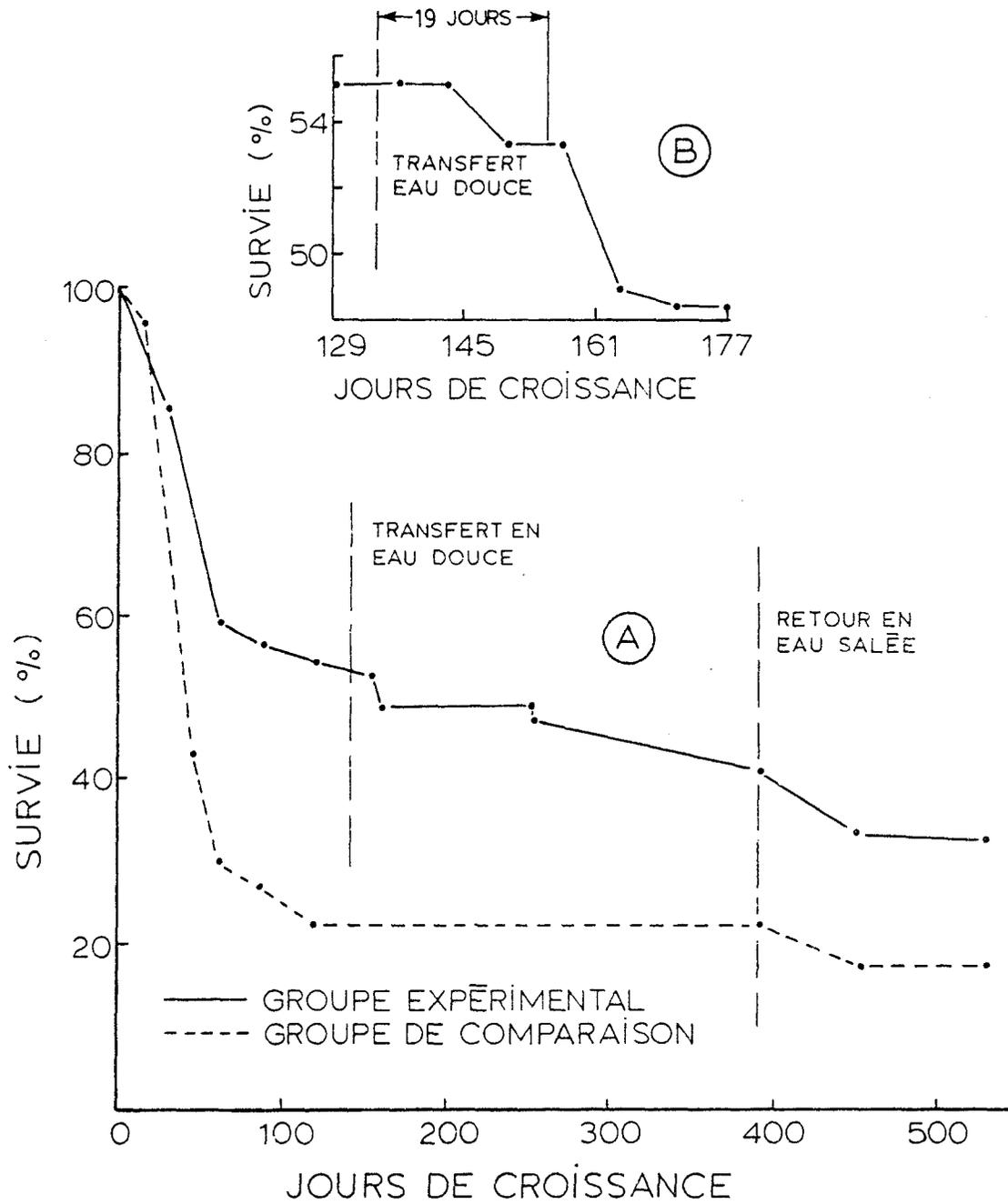


Figure 10 A, survie des saumons de l'Atlantique durant toute la période expérimentale. B, survie du groupe expérimental après le transfert en eau douce.

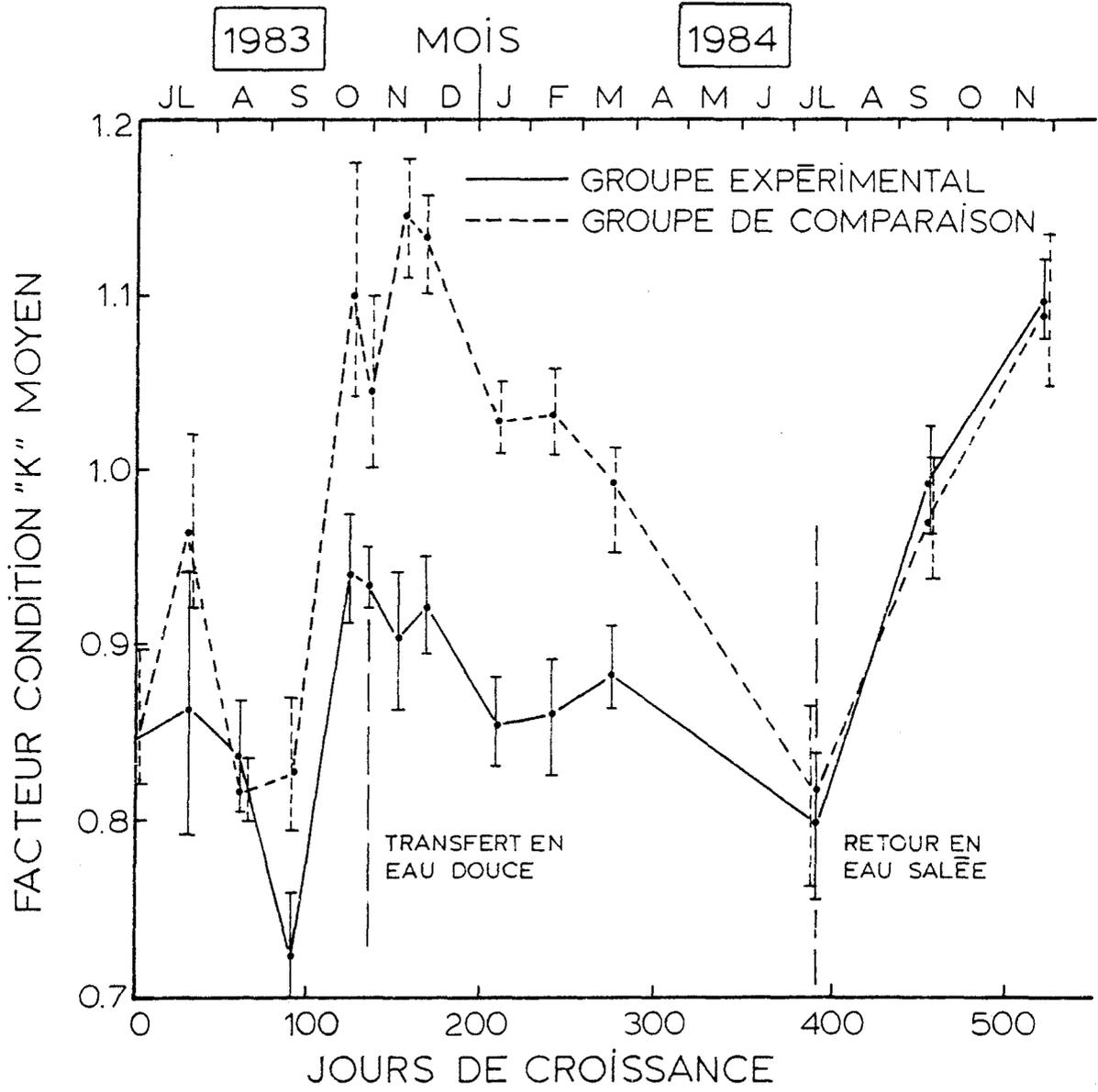


Figure 11 Facteurs de condition moyens des saumons de l'Atlantique et intervalles de confiance à 95%.

extrêmement maigres si on les compare à ceux d'autres élevages. Par exemple, Møller, et al., (1976) notent que les saumons d'élevage après six mois en mer ont des facteurs de condition de 1,2 à 1,3 et que, durant tout le cycle d'élevage de deux ans, les facteurs de condition ne descendent que très rarement au-dessous de 1,1.

Il est donc évident que les poissons n'ont pas été nourris suffisamment au début de l'expérience. Ce facteur peut, possiblement en synergie avec la furunculose, avoir causé une partie des mortalités et conduit à une croissance réduite durant la première saison estivale.

L'utilisation d'une nourriture plus sèche (formule no. 2), la distribution à satiété, ainsi que les manipulations plus espacées durant la deuxième année, ont démontré qu'on pouvait éviter presque complètement toute mortalité.

Il est impossible, dans notre expérience, d'évaluer précisément la part de la mortalité attribuable exclusivement au transfert en eau douce en raison des pertes importantes subies peu avant le transfert. On peut cependant l'estimer si on suppose que la période de 19 jours pendant laquelle le groupe expérimental a subi une décroissance, est la période où les poissons éprouvaient un stress dû au transfert. Durant cette période, la mortalité s'élevait à 1,7 % (figure 10), tandis qu'elle était nulle dans l'autre groupe.

Par ailleurs, des chercheurs des Iles St-Pierre et Miquelon (Masson, 1985) ont réussi pour la première fois en 1984 à transférer des saumoneaux Salmo salar de l'eau salée à l'eau douce sans aucune mortalité.

Ces données indiquent que les effets d'un transfert de l'eau salée à l'eau douce, sur la survie des saumons de l'Atlantique, est probablement négligeable, lorsque des poissons en bonne condition sont déplacés. Une stratégie d'élevage comportant un tel changement de milieu est donc biologiquement réalisable.

3.2.5 Maturité sexuelle

Les résultats des mesures de l'indice gonado-somatique (I.G.S.) faites sur les deux groupes de saumons à la fin de l'expérience sont présentés au tableau 3.

Selon les critères d'identification de Ishida, Takagi et Arita (1961) établis pour les saumons sockeye Oncorhynchus nerka et chum O. keta, les femelles de ces espèces sont "définitivement immatures" lorsqu'elles ont des ovaires de moins de 5 g et un I.G.S. de moins de 0.6. Les mâles, eux, sont classés comme "presque certainement immatures" si leurs testicules sont de moins de 2 g et leur I.G.S. de moins de 0.1. Selon ces limites, il est clair que les poissons de nos deux groupes ne présentaient presque aucun développement sexuel. Ces données sont

TABLEAU 3

Poids des gonades et indices gonado-somatiques (I.G.S.) des saumons de l'Atlantique à la fin de l'expérience

Sexe	n	moyenne		étendue	
		poids (g)	I.G.S.	poids (g)	I.G.S.
Groupe expérimental					
mâles	11	1,0	0,07	0,5-1,4	0,05-0,09
femelles	7	2,2	0,16	1,6-2,8	0,13-0,20
Groupe de comparaison					
mâles	8	1,1	0,08	0,3-1,2	0,04-0,12
femelles	5	2,0	0,20	1,9-2,2	0,19-0,22

en accord avec ceux de Saunders, Henderson, Glebe et Loudenslager (1983), qui signalent une incidence de maturation de moins de 1 % après 19 mois d'élevage en mer pour le saumon de l'Atlantique.

Par comparaison, en 1984 le retour de castillons dans la pêche sportive de la rivière York, lieu d'origine de nos saumoneaux, a été de ² neuf individus sur 337 saumons. C'est donc un rapport de 2.67 % de maturation sexuelle.

Le petit nombre de poissons examinés dans notre expérience ne nous permet cependant pas de faire une analyse valable de si faibles différences entre les taux de maturation de saumons de différentes origines. Il y a cependant des indications que l'absence de maturation sexuelle chez les deux groupes de saumons dans notre expérience peut avoir été causée par le faible taux de nutrition des poissons. Comme Thurow (1969) le mentionne, les poissons qui vont maturer sexuellement à l'automne doivent avoir au printemps au moins 12 % de gras dans leurs tissus. Même si les tests pour le contenu en gras n'ont pas été faits, on peut voir à la figure 11 que les facteurs de condition des deux groupes étaient extrêmement bas au début de juillet. Cet état de maigreur, ainsi que la petite taille des poissons, peuvent être responsables des différences au niveau de la maturation sexuelle entre nos groupes et la population sauvage de la rivière York.

²

: Christian Côté, communication personnelle, août 1985.

3.2.6 Conversion de la nourriture en chair

Les rapports moyens de conversion de la nourriture en chair pour l'ensemble de la période d'élevage sont meilleurs chez le groupe expérimental que chez le groupe de comparaison. En poids sec, on obtient respectivement 2,4:1 et 3,2:1 (tableau 4).

C'est au début de l'expérience que les écarts sont les plus grands, au moment où le groupe expérimental était en eau salée et le groupe de comparaison en eau douce. Les rapports de conversion en poids sec sont à ce moment respectivement de 2,1:1 et de 4,5:1.

Ces résultats tendent à démontrer que les saumons de l'Atlantique, une fois qu'ils ont passé le stade de saumoneau, sont mieux adaptés au milieu d'eau salée qu'à celui d'eau douce, car ils y réalisent une meilleure utilisation de la nourriture. Il est cependant possible que les poissons du groupe expérimental aient bénéficié d'un apport significatif de nourriture naturelle, lorsque vivant en eau salée. En effet, à quelques occasions, nous avons retrouvé des gammares, Gammarus sp. en petite quantité surtout dans l'estomac des petits saumons.

Dans l'ensemble, les rapports de conversion obtenus par le groupe expérimental sont très près et quelquefois meilleurs que ce que l'on observe dans les élevages de saumons de l'Atlantique réalisés exclusivement en mer. Par exemple, on mentionne des rapports de 2,05:1 au Nouveau-Brunswick (Sutterlin et al., 1981) et une moyenne de 2,2:1 en

TABLEAU 4

Rapports de conversion de la nourriture en chair des saumons de l'Atlantique

Période	Groupe expérimental		Groupe de comparaison	
	Rapports de conversion	Milieu d'élevage	Rapports de conversion	Milieu d'élevage
1983				
juin 15 à oct. 27	S ^a 2,1:1	Eau salée	S 4,5:1	Eau douce
	H ^b 6,2:1	Cages	H 12,8:1	Cages
oct. 28 à nov. 29	Décroissance-	Eau douce Cages	S 5,7:1 H 16,3:1	Eau douce Cages
1983-84				
nov. 30 à juil. 10	S 3,0:1	Eau douce	S 3,1:1	Eau douce
	H 8,5:1	Bassins	H 8,9:1	Bassins
juil. 11 à nov. 16	S 1,7:1	Eau salée	S 1,9:1	Eau salée
	H 4,1:1	Cages	H 4,7:1	Cages
Moyennes	S 2,4:1		S 3,2:1	
	H 6,6:1		H 9,0:1	

Note: Les dates correspondent aux pesées du groupe expérimental, elles varient d'au plus quatre jours chez le groupe de comparaison. Voir le tableau 2.

^a : S: Nourriture en poids sec sur poids frais de la chair

^b : H: Nourriture en poids humide sur poids frais de la chair

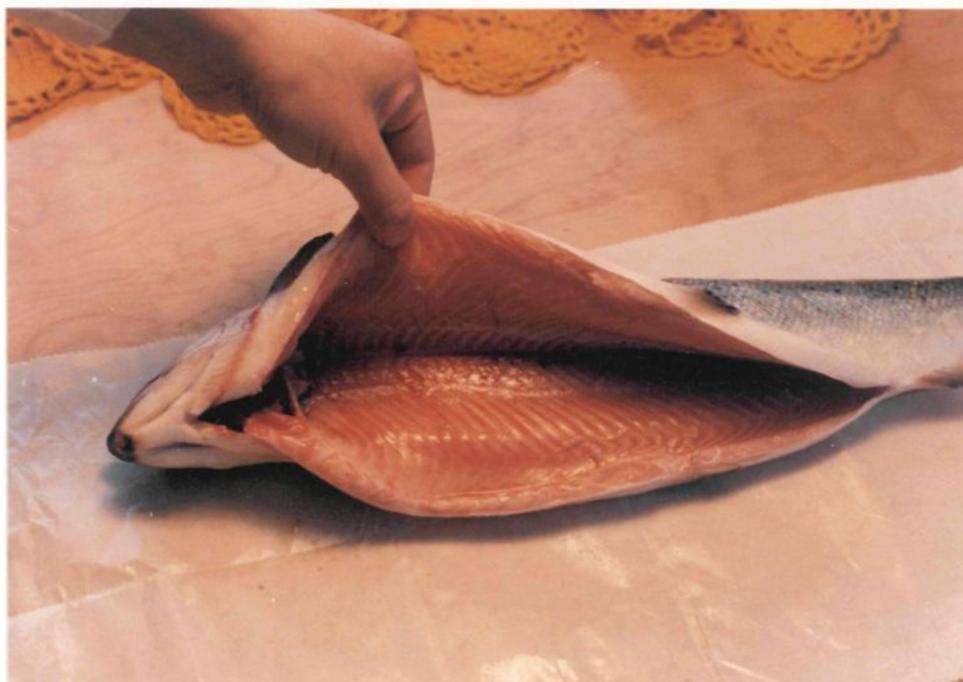
Norvège dans six fermes commerciales (Sutterlin & Merrill, 1978).

Le passage à la formule no. 2 au mois de septembre 1984 a conduit à de meilleurs rapports de conversion durant la dernière période d'élevage (juillet 1984 à novembre 1984, tableau 4).

L'apparence (figure 12) des poissons des deux groupes au moment de la récolte était, selon les réponses à un questionnaire distribué à neuf dégustateurs, dont les membres du personnel du projet, aussi belle que celle de saumons de l'Atlantique sauvages. Seules les nageoires étaient un peu érodées sur certains spécimens. Selon ce même panel, la couleur, la texture et la saveur de la chair étaient aussi semblables à celle des saumons de l'Atlantique capturés en mer.



(a)



(b)

Figure 12 Apparence des saumons (a) et couleur de la chair (b) à la fin de l'expérience.

CHAPITRE IV

CONCLUSION GENERALE

CHAPITRE IV

CONCLUSION GENERALE

Une stratégie d'élevage du saumon de l'Atlantique comportant une saison estivale en eau salée suivie d'un hiver en eau douce et d'un retour en eau salée pour un deuxième été, est biologiquement et techniquement réalisable. C'est un bon moyen de contourner les facteurs destructifs tels que les températures létales et les glaces dérivantes observées dans les régions marines froides.

Le changement de milieu pour la durée de l'hiver cause une décroissance limitée dans le temps, ainsi qu'une mortalité négligeable si des saumons en bonne état sont déplacés. L'hivernage en eau douce en milieu naturel est possible à l'échelle commerciale en autant que l'on aménage des équipements appropriés. Ces équipements sont une estacade autour des cages d'élevage pour prévenir la dérive du parc d'élevage au printemps ainsi qu'une boîte isolée dans chaque cage pour faciliter le nourrissage quotidien des poissons.

Le site d'hivernage en eau douce de la rivière aux Outardes n'est cependant pas adéquat pour l'élevage, car la haute teneur en azote dissous de l'eau de la rivière cause probablement des mortalités, ou du

moins, nuit à la santé des poissons. Les autres paramètres environnementaux, tels que la température et les courants, sont adéquats pour l'élevage du saumon de l'Atlantique à l'échelle commerciale. Le taux instantané de croissance dans le milieu d'eau douce en hiver est d'ailleurs semblable à celui atteint par les saumons de l'Atlantique élevés en eau salée ou saumâtre durant des périodes comparables.

En tenant compte des caractéristiques de l'élevage en cages de salmonidés, qui sont précisées dans cette étude, on peut dire que les rivières, les lacs à renouvellement rapide ainsi que les réservoirs peuvent offrir des environnements adéquats pour l'hivernage en eau douce. Les réservoirs sont particulièrement intéressants car ils offrent des zones libres de glace durant toute l'année.

Le site d'élevage en eau salée, situé à l'anse St-Pancrace sur la côte nord de l'estuaire du St-Laurent, offre des températures estivales équivalentes à celles d'un autre site d'élevage situé sur la côte sud de l'estuaire du St-Laurent et quelque peu inférieures à celles d'un site localisé dans la baie de Fundy. Il respecte de plus, très bien, les autres conditions pour en faire un bon site d'élevage marin. Comme nous l'avions craint, il semble toutefois être impropre à l'élevage du saumon de l'Atlantique en hiver. Ceci devra cependant être confirmé par des études plus poussées avant de pouvoir conclure définitivement.

La forte mortalité et les croissances quelque peu inférieures obtenues durant l'expérimentation de la stratégie d'élevage en 1983 et

1984 peuvent être expliquées par des lacunes dans l'alimentation des poissons au début de l'expérience. Celles-ci ont cependant pu être comblées ultérieurement. Ces lacunes empêchent cependant l'évaluation complète du potentiel de croissance du saumon de l'Atlantique selon cette stratégie. On recommande donc de poursuivre les recherches pendant un autre cycle d'élevage pour déterminer ce potentiel. A la lumière de cette nouvelle étude on pourra alors déterminer la rentabilité économique de la méthodologie.

Etant donné les difficultés inhérentes au transport de saumons entre les deux sites et les coûts supplémentaires qu'occasionne le maintien de deux installations de service, des sites d'élevage aussi éloignés que ceux expérimentés pourraient difficilement être exploités à l'échelle commerciale. Il importe donc que, faute d'un site d'hivernage en eau douce à proximité du site d'eau salée, on ajoute dans la recherche de site potentiel d'élevage en eau salée un critère supplémentaire, soit la présence d'un approvisionnement d'eau douce suffisant pour alimenter des bassins sur la terre ferme pour hiverner les poissons.

L'anse St-Pancrace pourrait à cet égard être considérée comme un site modèle. Un aménagement possible (figure 13) pour y faire un élevage commercial comprendrait des cages d'élevage en eau salée où le poisson séjournerait du mois d'avril à décembre. Des bassins en ciment ou en fibre de verre, alimentés par gravité à partir du ruisseau St-Pancrace seraient aussi installés pour hiverner les poissons de janvier à mars. On pourrait aussi y installer une pisciculture si la qualité de l'eau du

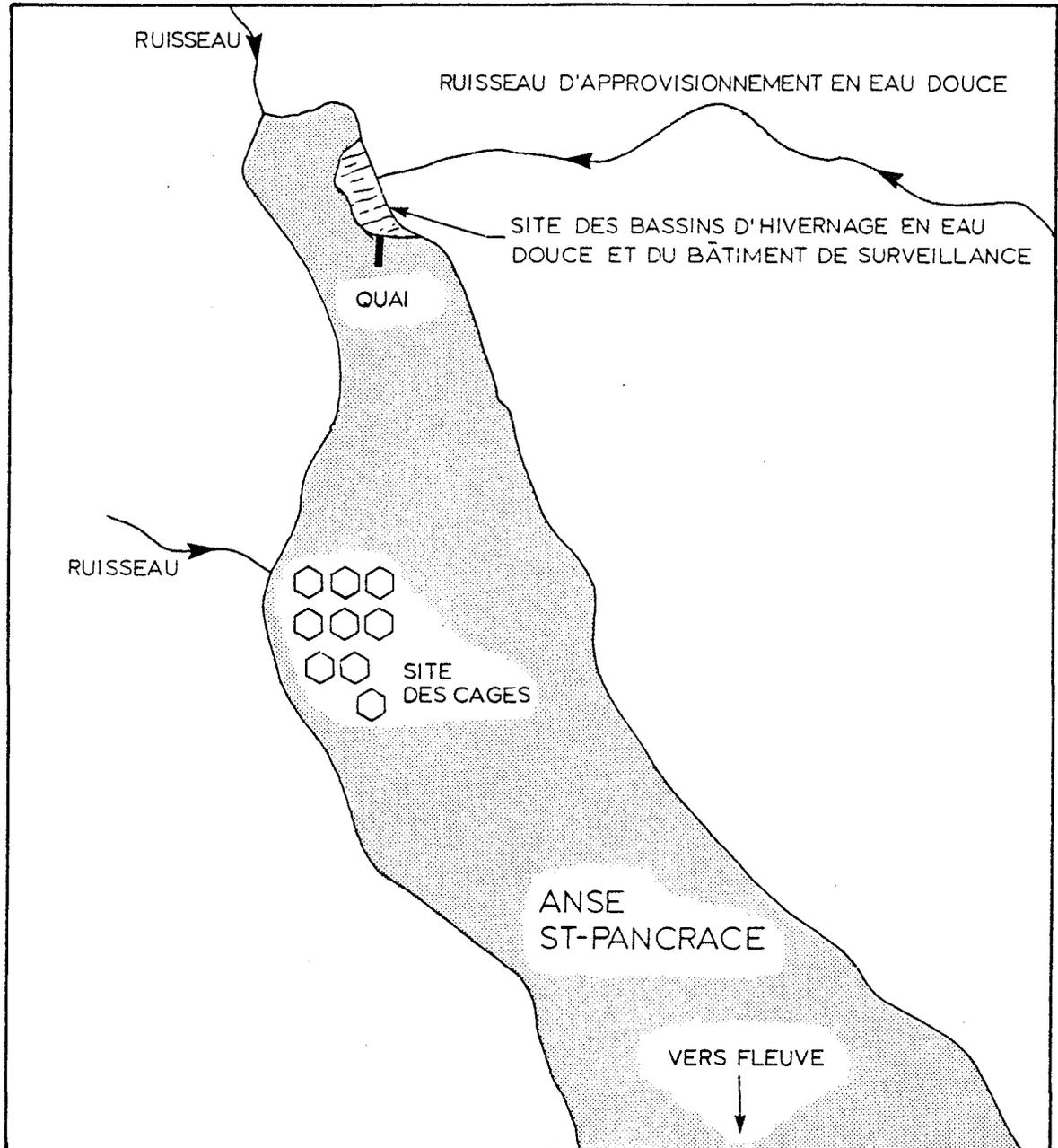


Figure 13 Modèle proposé de ferme commerciale pour les salmonidés en eau salée et en eau douce, anse St-Pancrace, Québec.

ruisseau St-Pancrease le permet. Les bassins pourraient ainsi être rentabilisés par la culture de truite durant la saison d'été. Ce modèle offre une possibilité de réduire les coûts du transfert des poissons et ainsi d'améliorer la compétitivité d'éventuelles fermes commerciales utilisant notre stratégie.

BIBLIOGRAPHIE

- Allen, K.R., Saunders, R.L. et Elson, P.F. 1972. Marine growth of Atlantic salmon (Salmo salar) in the northwest atlantic. J. Fish. Res. Board Can., 29: 1373-1380.
- Anderson and Associates. 1980. A development plan for Atlantic salmon aquaculture in the maritimes region of atlantic Canada. (Contrat MAS no. FP706-0-0250). St-Andrews, Nouveau-Brunswick. 113 p.
- Andrews, C.W. et Lear, E. 1956. The biology of arctic char (Salvelinus alpinus L.) in northern Labrador. J. Fish. Res. Board Can., 13, (6): 843-860.
- Baker, S.R. 1975. Cage rearing of salmonids in coastal areas of Nova Scotia. Int. Counc. Explor. Sea. Fisheries Improvement Committee, C.M. 1975/M:25, 6p.
- Brett, J.R. et Alderdice, D.F. 1958. The resistance of cultured young chum and sokeye salmon to temperature below 0°C. J. Fish. Res. Board Can., 15, (5): 805-813.
- Brouard, D., Boudreault, A. et Shooner, G. 1985. Mariculture salmonicole au Québec: Recherche de sites potentiels d'élevage pour le saumon de l'Atlantique. 36 p. (Disponible chez Gilles Shooner Inc. 40 Racine, Loretteville. QC. G2B 1C6).
- Brown, E.E. 1983. World fish farming, cultivation, and economics. Avi, Westport, Connecticut. 516 p.
- Brown, E.E., Gratzek, J.B. 1980. Fish farming handbook. Avi, Westport. Connecticut. 392 p.
- Carter, P. et Béland, P. 1984. L'aquaculture marine au Québec. Centre de recherche en écologie des pêches, Rimouski, Québec. 110 p. (Disponible au ministère des Pêches et des Océans. 310 des Ursulines, Rimouski, QC, G5L 3A1).
- Coche, A.G. 1978. Revue des pratiques d'élevage de poissons en cages dans les eaux continentales. Aquaculture, 13: 157-189.
- Conseil des productions animales du Québec. 1982. Elevage des salmonidés. Guide sur l'aquiculture. (Agdex 485). Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Québec. 102 p.
- Conseil des Sciences du Canada. 1985. Déclaration du Conseil. L'aquiculture, une occasion à saisir. Ottawa, Ontario. 30 p.

- Doyer, A. et Larrivée, M. 1984. Essai d'élevage de smolts et de post-smolts, saumon Atlantique (Salmo salar) en viviers alimentés d'eau de mer, à Pointe-au-Père, Québec. 68 P. (Disponible chez Groupe de Recherche et d'Initiative Aquicole de l'Est du Québec. C.P. 123, Mont-Joli, Québec. G5H 3K9.
- Edward, J.D. 1978. Salmon and trout farming in Norway. Farnham, Surrey, Angleterre. Fishing News Books. 653 p.
- El-Sabh, M.I. 1979. The lower St-Lawrence estuary as a physical oceanographic system. *Naturaliste Can.*, 106: 55-73.
- Eriksson, T. 1983. Growth, sexual maturation and survival of net pen reared Baltic salmon, Salmo salar L., in the Bothnian sea, with special reference to wintering conditions. *Aquilo Ser. Zool.* 22: 109-113.
- Folmar, L.C. et Dickhoff, W.W. 1980. The parr-smolt transformation (smoltification) and seawater adaptation in salmonids. A review of selected literature. *Aquaculture*, 21: 1-37.
- Gjedrem, T. et Gunnes, K. 1978. Comparison of growth rate in Atlantic salmon, pink salmon, arctic char, sea trout and rainbow trout, under norwegian farming conditions. *Aquaculture*. 13: 135-141.
- _____ 1978. Selection experiments with salmon IV. Growth of Atlantic salmon during two years in the sea. *Aquaculture*, 15: 19-33.
- Gouvernement du Québec. 1984. Contamination des produits de la pêche dans la région de Baie-Comeau. Ministère des Affaires Sociales du Québec et Ministère de l'Environnement du Québec. (BR3050), 12 p.
- Griffioen, W. et Narver, W.D. 1974. A note on winter starvation and feeding of cultured juvenile coho salmon. Rapport technique de l'office des recherches sur les pêcheries du Canada, no. 501. 24 p.
- Groupe d'étude du secteur privé sur l'Aquiculture. 1984. *Aquiculture: Un plan de développement pour le Canada. Document de travail.* 38 p. (Disponible au Conseil des Sciences du Canada, 100 rue Metcalfe, Ottawa, Ontario, K1P 5M1).
- Groupe d'étude du secteur privé sur l'Aquiculture. 1984. *Aquiculture: Un plan de développement pour le Canada. Rapport final.* 24 p. (Disponible au Conseil des Sciences du Canada, 100 rue Metcalfe, Ottawa, Ontario, K1P 5M1).
- Hadlai, C. et Nie, N.H. (Eds). 1981. SPSS update. 7-9: New procedure and facilities for releases 7-9. New-York, McGraw-Hill. p. 205.
- Hansen, F. et Lent, R. 1982. Fish farming in Norway: Competition for Pacific salmon? *Aquaculture Magazine*, 8, (4): 34-36.

- Harache, Y. et Boulineau, J.J. 1971. L'élevage des salmonidés migrateurs amphibiotes en Amérique du nord. Centre national pour l'exploitation des océans. (Rapp. scient. techn. no. 5). Brest, Centre océanologique de Bretagne. 166 p.
- Havey, K.A. Population dynamics of land-locked salmon Salmo salar, in Love Lake, Maine. Trans. Am. Fish. Soc., 3: 448-456.
- Hoar, W.S. et Randall, D.J. (Eds). 1971. Fish physiology (t. VI). New York. Academic Press. p. 1-187.
- Hoar, W.S. 1965. The endocrine system as a chemical link between the organism and its environment. Trans. R. Soc. Can. Vol. III, Ser. IV, Sec. III: 175-200.
- Idler, D.R., Hwang, S.J. et Crim, L.W. 1981. Determination of sexual maturation stages of Atlantic salmon (Salmo salar) captured at sea. Can. J. Fish Aquat. Sci. 38: 405-413.
- Ishida, R., Takagi, K. et Arita, S. 1961. Criteria for the differentiation of mature and immature forms of chum and sockeye salmon in northern seas. Bulletin Int. North Pac. Fish Comm. no. 5: 27-47.
- Ivanoff, A. 1972. Introduction à l'océanographie. Propriétés physiques et chimiques des eaux de mer. Paris, Vuibert, t.1. p.55.
- Lauzier, L.M. et Marcotte A. 1965. Comparaison du climat marin de Grande-Rivière (baie des Chaleurs) avec celui d'autres stations de la côte atlantique. J. Fish Res. Board Can., 22(6): 1321-1334.
- Lemieux, P.J. et Power, G. 1983. Interactions of ouananiche (Salmo salar ouananiche) and brook charr (Salvelinus fontinalis) in lac Victor, Québec. Dans: The Matamek Research Program: Annual Report for 1982. Woods Hole Oceanogr. Inst. Tech. Rept. WH01-83-37. p. 81-91.
- Lequenne, P. 1984. Les fermes marines. Edisud, Aix-en-Provence, 125 p.
- Mac Crimmon, H.R., Stewart, J.E. et Brett, J.R. 1975. L'aquiculture au Canada. Présent et avenir. Bulletin de l'office des recherches sur les pêcheries du Canada no. 188 F. Ottawa, Ontario. 88 p.
- Mac Donald, J.R. et Hyatt, R.A. 1973. Supersaturation of nitrogen in water during passage through hydroelectric turbines at Mactaquac dam. J. Fish. Res. Board Can., 30(9): 1392-1394.
- Masson, D. 1985 mars. Salmoniculture in St-Pierre & Miquelon. Last results and technological assignment. Conférence présentée à la réunion de l'Association aquicole du Canada, Halifax, Nouvelle-Ecosse.
- Milne, P.H. 1972. Fish and shellfish farming in coastal water. Farnham, Surrey, Angleterre. Fishing News Books. 209 p.

- Møller, D. 1976. Recent development in cage and enclosure aquaculture in Norway. Dans: T.V.R. Pillay et Wm. A. Dill (Eds), *Advances in aquaculture*, (pp. 447-453). Farham, Surrey, Angleterre. Fishing News Books. 653 p.
- Møller, D., Bjerk, Ø. et Holm, M. 1976. Comparative growth study, II. Int. Counc. Explor. Sea. Fisheries Improvement Committee. Anadromous and catadromous fish Committee C.M. 1976/ E:36. 24 p.
- Neilands, J.B. 1947. Thiaminase in aquatic animals of Nova Scotia. J. Fish. Res. Board Can. , 7(2): 94-99.
- Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (Ed). 1981. Choix de termes de pisciculture. Bulletin de terminologie no. 19. Rome, FAO. 151 p.
- Pillay, T.V.R. 1976. The state of aquaculture 1976. Dans: T.V.R., Pillay & Wm. A., Dill (Eds), *Advances in aquaculture* (pp. 1-10). Farham, Surrey, Angleterre. Fishing News Books. 653 p.
- Riker, W.E. 1980. Calcul et interprétations des statistiques biologiques des populations de poissons. Bulletin de l'office des recherches sur les pêcheries du Canada. no. 191F. Ottawa, Ontario. 409 p.
- Roberts, R.I. et Shephard. C.J. 1979. Handbook of trout and salmon diseases. Farham, Surrey, Angleterre, Fishing News Books. 172 p.
- Saunders, R.L. et Henderson, E.B. 1976. The attainment of sexual maturity in Atlantic salmon, reared at different salinities. Int. Counc. Explor. Sea. Anadromous and Catadromous Fish Committee, C.M. 1976/M: 17. 11 p.
-
- _____ 1974. Atlantic herring as a dietary component for the culture of Atlantic salmon. *Aquaculture*, 3:369-385.
-
- _____ 1969. Growth of Atlantic salmon smolts and post-smolts in relation to salinity, temperature and diet. Fish. Res. Board Can. Tech. Rep. no. 149. St-Andrews, Nouveau-Brunswick, 34 p.
- Saunders, R.L., Henderson, E.B., Glebe, B.D. et Loudenslager, E.J. 1983. Evidence of a major environmental component in determination of the grilse: larger salmon ratio in Atlantic salmon (Salmo salar). *Aquaculture*. 33: 107-118.
- Saunders, R.L., Muise, B.C. et Henderson, E.B. 1975. Mortality of salmonids cultured at low temperature in sea water. *Aquaculture*. 5: 243-252.
- Scott, W.B. et Crossman, E.J. 1974. Poissons d'eau douce du Canada. Bulletin de l'office des recherches sur les pêcheries du Canada. no. 184. p. 207-212.

- Sedgwick, S.D. 1982. The salmon handbook. The life and cultivation of fishes of the salmon family. Londres, André Deutsch. 247 p.
- Shang, C.Y. 1981. Aquaculture economics: Basic concepts and methods of analysis. Boulder, Colorado. Westview Press. 153 p.
- Shaw, H.M., Saunders, R.L. et Hall, H.C. 1975. Environmental salinity: its failure to influence growth of Atlantic salmon (Salmo salar) parr. J. Fish. Res. Board Can. 32: 1821-1824.
- Sinderman, C.J. (Ed). 1977. Disease diagnosis and control in north american marine aquaculture. New-York. Elsevier. 329 p.
- Stevenson, J.P. 1980. Trout farming manual. Fishing News Books. Farham, Surrey, Angleterre, Fishing News Books, 186 p.
- Sutterlin, A.M., Harmon, P. et Barchard, H. 1976. The culture of brook trout in salt water. Can. Fish. & Mar. Serv. Tech. Rep. no 636. 21 p.
- Sutterlin, A.M., Henderson, E.B., Merrill, S.P. Saunders, R.L. et MacKay, A.A. 1981. Salmonid rearing trials at Deer Island, New Brunswick, with some projections on economic viability. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. no. 1011. St-Andrews, Nouveau-Brunswick. 28 p.
- Sutterlin, A.M. et Merrill, S.P. 1978. Norwegian salmonid farming. Can. Fish. & Mar. Serv. Tech. Rep. no. 779. St-Andrews, Nouveau-Brunswick. 47 p.
- Thurrow, F. 1969. Contributions to the biology and study of the stock of the Atlantic salmon (Salmo salar L.) in the Baltic sea. Fish. Res. Board Can. Trans. Ser. no. 1211. St-John's Newfoundland. 237 p. (Oeuvre originale publiée en 1966).
- United State Environmental Protection Agency. 1976. Quality criteria for water (Report no. EPA-440/9-76-023) Washington, DC. (NTIS no. PB-262943) p. 139.
- Utida, S. et Hirano, T. 1973. Effects of changes in environmental salinity on salt and water movement in the intestine and gills of the eel, Anguilla japonica. Dans: W. Chavin (Ed), Response of fish to environmental changes. (p. 240-269). Springfield, Illinois, Charles, C. Thomas. 459 p.
- Wedemeyer, G.A., Saunders, R.L. et Clarke, W.C. 1980. Environmental factors affecting smoltification and early marine survival of anadromous salmonids. Mar. Fish. Rev. 42: 1-14.
- Went, A.E.J. (Ed.). 1978. Atlantic salmon: its future. Farnham, Surrey, Angleterre. Fishing News Books. 253 p.
- Wood, C. 1984, 21 avril. Salmon farming can put you in the pink. The Financial Post, p. 43.